e. aisberg

abc de radio și televiziune.

radioul și televiziunea?
...nimic mai simplu!

editura tehnică

SERIA DE INIȚIERE

DONALD CUTLER:
INIȚIERE ÎN PROGRAMAREA CALCULATOARELOR
Traducere din lb. engleză

JOHN S. MURPHY
INIȚIEREA ÎN PROGRAMAREA CALCULATOARELOR NUMERICE
Traducere din lb. engleză — S.U.A.

T. D. TRUITT, A. E. ROGERS
INIȚIERE ÎN CALCULATOARE ANALOGICE
Traducere din lb. engleză — S.U.A.

R. R. HAROLD, H. C. HILL, A. V. NICHOLS
INIȚIERE ÎN PRELUCRAREA DATELOR
Traducere din lb. engleză — S.U.A.

J. SHUBIN
INIȚIERE ÎN CONDUCEREA ÎNTREPRINDERILOR
Traducere din lb. engleză — S.U.A.

E. VASILIU
INIȚIERE ÎN DISPOZITIVELE SEMICONDUCTOARE

D. STANOMIR
INIȚIERE ÎN ELECTROACUSTICĂ

W. TRUSZ
ABC-UL REPARĂRII RADIORECEPTOARELOR
Traducere din lb. polonă

A. POPA
ABC DE PROTECȚIA MUNCII

MARGARETA DRĂGHICI
INIȚIERE ÎN COBOL

STELIAN NICULESCU
INIȚIERE ÎN FORTRAN

P. CONSTANTINESCU, N. ZAHARIA
INIȚIERE ÎN ORGANIZAREA ȘI PROIECTAREA SISTEMELOR DE CONDUCERE CU MIJLOACE DE AUTOMATIZARE

DUMITRESCU I., PESCARU V., BILCIU C., SATRAN T., NICA A
INIȚIERE ÎN TELEPRELUCRAREA DATELOR

I. CREȚU
INIȚIERE ÎN ESTETICA PRODUSELOR

HONEYWELL BULL, I.D. WARNIER și B.M. FLANAGAN
INSTRUIRE ÎN PROGRAMARE
Traducere în limba franceză

E. Aisberg

ABC
de radio şi televiziune
Radioul şi televiziunea?
...Nimic mai simplu!

Traducere din limba franceză,
după ediţia din 1972

EDITURA TEHNICĂ
Bucureşti 1974

Prefață

În 1926, am intitulat prima mea carte „Am înțeles telegrafia fără fir". Lucrarea a fost tradusă în 22 de limbi, edițiile fiind numeroase. Ea a servit multor oameni din diverse țări ale lumii să-și însușească noțiunile fundamentale ale radioelectricității. Ca urmare, unii dintre ei au devenit specialiști eminenți, cărora le datorăm progresele practice și teoretice ce s-au realizat în acest domeniu.

*În momentul apariției acestei prime lucrări, receptoarele de radio erau echipate cu „lămpi" triode (termenul de „tuburi" nu era încă utilizat) cu încălzire directă, astfel încît alimentarea lor cu tensiune se făcea cu ajutorul bateriilor. Începînd cu 1930, odată cu realizarea tuburilor cu încălzire indirectă, s-a putut trece la conectarea aparatelor la rețeaua electrică, fapt ce a modificat substanțial concepția receptoarelor. Astfel, am putut redacta o nouă carte al cărui titlu era „Radioul ?... Nimic mai simplu" *.*

Prima lucrare era concepută sub forma a 16 convorbiri, în cursul cărora inginerul Radiol explica bazele radioului nepotului său Curiosus. În a doua lucrare, Curiosus explica la rîndul său lui Ignotus această tehnică.

*Au urmat alte lucrări compuse tot din dialoguri între acești doi tineri, dintre care putem cita: „Televiziunea ?... Nimic mai simplu !" **, „Tranzistorul ?... Ceva foarte simplu !" etc.*

Între timp electronica progresează foarte repede. Tehnologia sa se schimbă din ce în ce mai mult, iar aplicațiile sale cuprind domenii din cele mai diverse, în toate ramurile științei, industriei și altor activități.

Expunerea într-o singură lucrare a tuturor aspectelor acestei tehnici și a aplicațiilor sale ar fi o sarcină mult prea complexă și, cred, puțin apreciată de cititori. De fapt, utilă pentru aceștia ar fi prezentarea unor noțiuni asupra acestui vast ansamblu care se numește electronică și posibilitatea de acces în diversele sale domenii.

*) Ediție română — Editura tehnică, 1959.
**) Ediție română — Editura tehnică, 1959.

În acest scop, am expus mai întîi bazele electricității, fapt ce permite, celor care nu au studiat fizica, înțelegerea lucrării.

Se trec apoi în revistă tehnicile de emisie și de recepție în radiodifuziune, cu aparataj echipat cu tuburi sau semiconductoare. După asimilarea acestora, cititorul va putea înțelege ușor principiile televiziunii monocrome și a celei în culori.

Se explică transmiterea în spațiu a sunetelor și imaginilor, se examinează tehnica acestor transmisii în timp sau, cu alte cuvinte, înregistrarea și reproducerea semnalelor sonore sau vizuale.

Pentru a evita monotonia, am alternat conversațiile dintre Curiosus și Ignotus cu expunerile profesorului Radiol. În plus, m-am gîndit că, pentru o parcurgere interesantă și o asimilare mai ușoară, sînt utile desenele umoristice marginale.

Este foarte importantă înțelegerea aprofundată a tuturor noțiunilor expuse într-un capitol, înainte de abordarea unui alt capitol. Deasemenea, ar fi utilă recitirea unui capitol pentru a-l înțelege mai bine.

Vă doresc dragii mei cititori să pătrundeți cît mai ușor în minunatul domeniu al electronicii pe care, prin contribuția voastră, să-l faceți să progreseze. Mult noroc !

E. AISBERG

Cele 20 convorbiri dintre IGNOTUS și CURIOSUS, fiecare urmate de expunerilie profesorului RADIOL

Personajele :

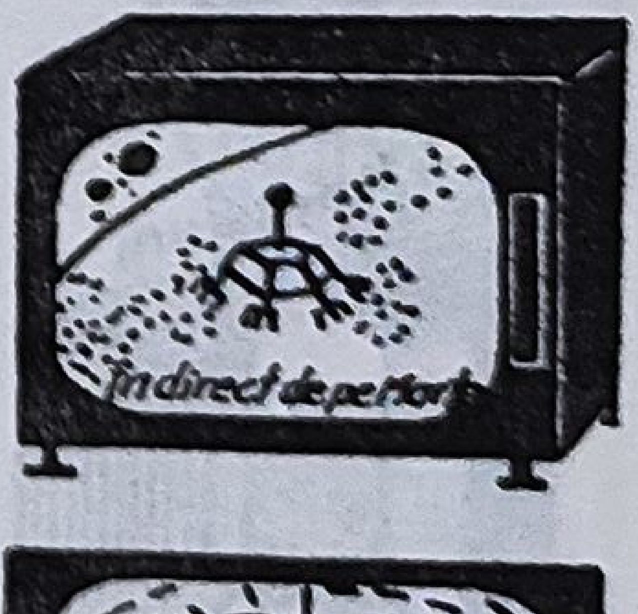
CURIOSUS — tînăr profesor de electronică, care anterior a studiat acest domeniu dialogînd cu unchiul său RADIOL, profesor reputat.
IGNOTUS — adolescent, care nu posedă decît noțiuni elementare de fizică și matematică ; inteligent, el este capabil să asimileze ușor toate problemele care-l pasionează, cele de electronică acaparîndu-i toată atenția.

Convorbirea 1.

Telegrafia fără fir — Radioul — Electronica

Înainte de a începe studierea electronicii, prietenii noștri trec în revistă tot trecutul acestui domeniu, începînd cu undele electromagnetice produse pe cale experimentală, realizarea telegrafiei fără fir, începuturile radiodifuziunii etc. Expunerea se împarte în trei etape, ale căror denumiri apar în titlul convorbirii.

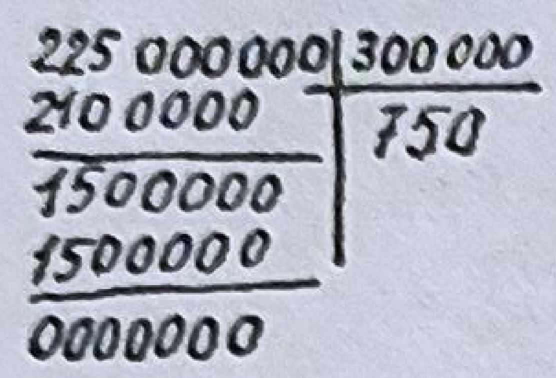
CUCERIREA UNIVERSULUI





IGNOTUS : Ieri seară am privit, cu foarte mult interes, imaginile în culori transmise de pe planeta Marte. Vehiculul construit prin cooperare sovieto-americană și depus pe Marte de o echipă formată din cosmonauții ambelor țări se deplasează într-un peisaj de-a dreptul straniu. Este foarte emoționant faptul că noi oamenii putem urmări în direct toată acțiunea, sau cu alte cuvinte, imaginile luate de camera de televiziune plasată pe vehiculul planetar ajung la noi imediat.

CURIOSUS : Dragul meu prieten, să nu-ți închipui că transmisiunea în direct înseamnă că imaginea este recepționată pe



pămînt concomitent cu captarea sa. Nu uita că undele electromagnetice care transportă semnalele de radio și televiziune se deplasează cu viteza luminii, adică cu 300 000 kilometri pe secundă. Ori distanța ce desparte planeta Marte de pămînt este aproximativ de 225 milioane de kilometri. Și acum te pun la treabă. Împarte 225 milioane de kilometri la 300 000 și astfel vei determina timpul în care imaginile luate pe Marte ajung pe pămînt.



IGNOTUS : Am obținut 750 secunde, sau douăsprezece minute și jumătate..... Ai dreptate, Curiosus : imaginea nu ajunge în aceeași clipă pe pămînt. Dar acest lucru nu face ca toată treaba să fie mai puțin pasionantă. Grație televiziunii omul poate studia elementele sistemului solar. Și foarte curînd, fii sigur de asta, televiziunea va da posibilitate omului să studieze și alte stele, inclusiv sistemele lor planetare.

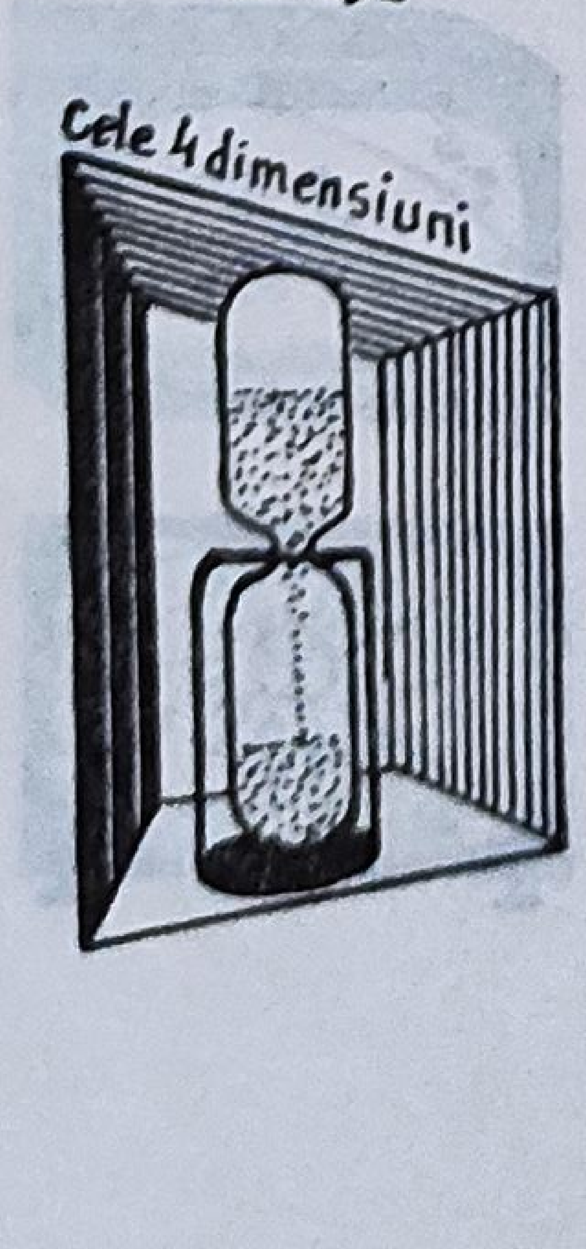
CURIOSUS : Fără îndoială. Dar, în acest caz, ținînd seama de viteza de propagare, drumul spre pămînt al imaginilor va dura cîțiva ani. Pentru stelele cele mai apropiate, călătoria undelor se face în circa patru ani și jumătate.

IGNOTUS : Ne vom înarma cu răbdarea necesară și astfel vom cuceri universul. Toate obstacolele puse de cucerirea spațiului vor fi învinse grație electronicii. Sunetele și imaginile parcurg distanțele cu o viteză uluitoare, iar noi, fără a ne părăsi căminul, auzim și vedem tot ce se petrece pe cele cinci continente și chiar în cosmos.

UNIVERSALITATEA ELECTRONICII



CURIOSUS : În afară de cele trei dimensiuni ale spațiului, electronica a cucerit și pe cea pe care o denumim „a patra dimensiune", cea a timpului. În momentul de față putem înregistra și apoi reproduce atît sunetele cît și imaginile. Iată, dragă prietene, și instrumentul care înregistrează conversația noastră de la începutul ei și care se numește magnetofon.



IGNOTUS : Cum funcționează ?

CURIOSUS : Ei, dragul meu, pînă să ajungi să-i cunoști funcționarea trebuie să studiezi mai întîi mai multe lucruri : microfonul, amplificarea, electromagnetismul, difuzorul. Dar, nu te speria, le vom studia pe rînd.

IGNOTUS : Aș dori foarte mult să le studiez, deoarece sînt foarte impresionat de universalitatea electronicii care, după cum văd, a pătruns în toate domeniile activității umane. În industrie totul se automatizează grație dispozitivelor electronice

de comandă. Cercetarea științifică face apel la atîtea procedee electronice ! Medicii se servesc de ea atît pentru stabilirea diagnosticului, cît și în terapeutică.

CURIOSUS : Dar uiți să menționezi calculatorul electronic. Acum două secole, prin descoperirea mașinii cu abur s-a economisit forța musculară a omului. În prezent, cu ajutorul calculatorului și grație posibilităților sale de calcul, logică și memorie, se menajează mult creierul uman.

IGNOTUS : Dar calculatorul este de fapt o creație mult mai recentă decît mașina cu abur.

CURIOSUS : Bineînțeles. Prima mașină electronică de calcul a fost realizată în 1944. Dar progresul merge iute și dezvoltarea calculatoarelor este unul din cele mai semnificative exemple în acest sens.

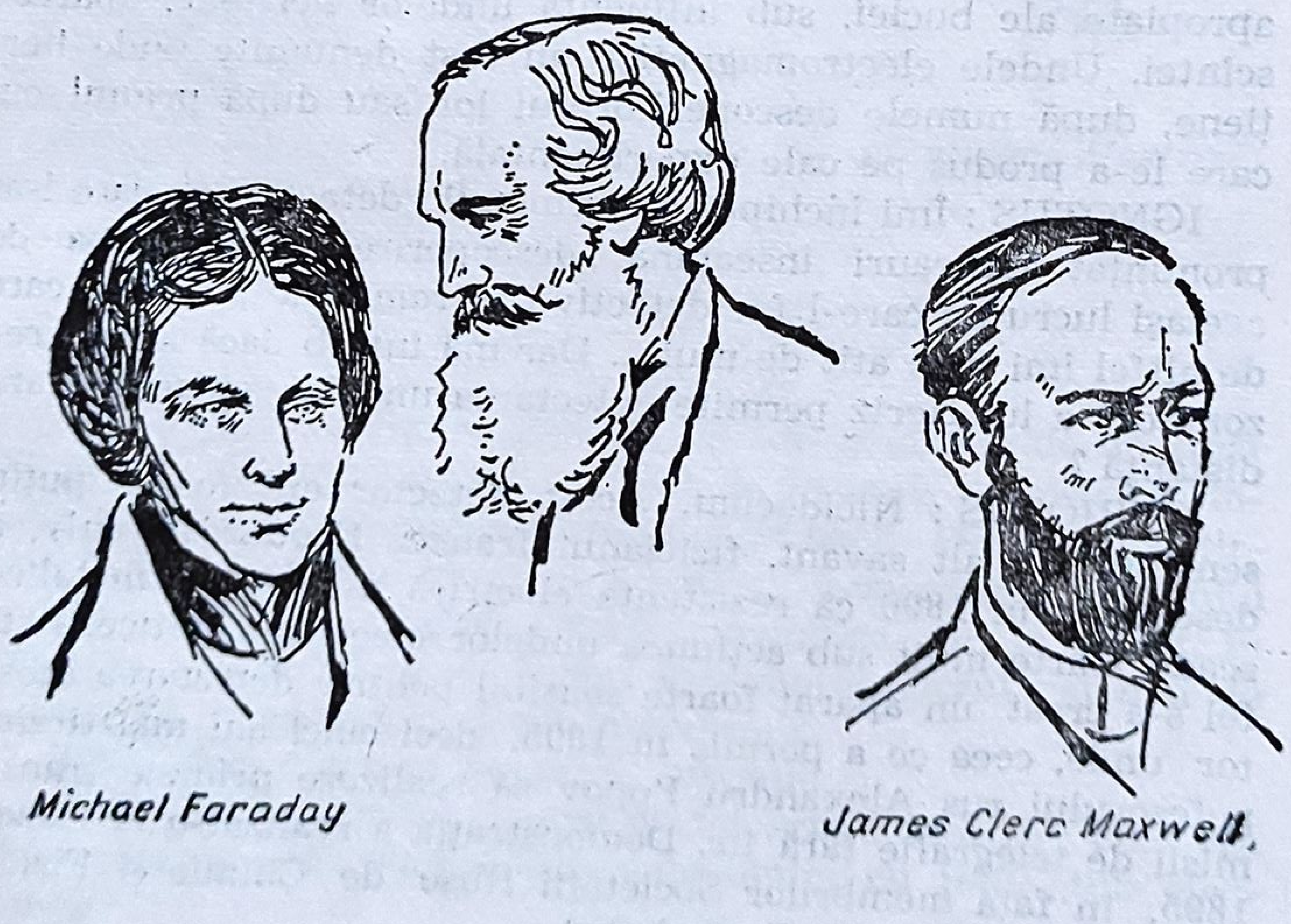


NAȘTEREA TELEGRAFIEI FĂRĂ FIR

IGNOTUS : Spune-mi, te rog, cum a debutat de fapt toată această prodigioasă tehnică electronică ?

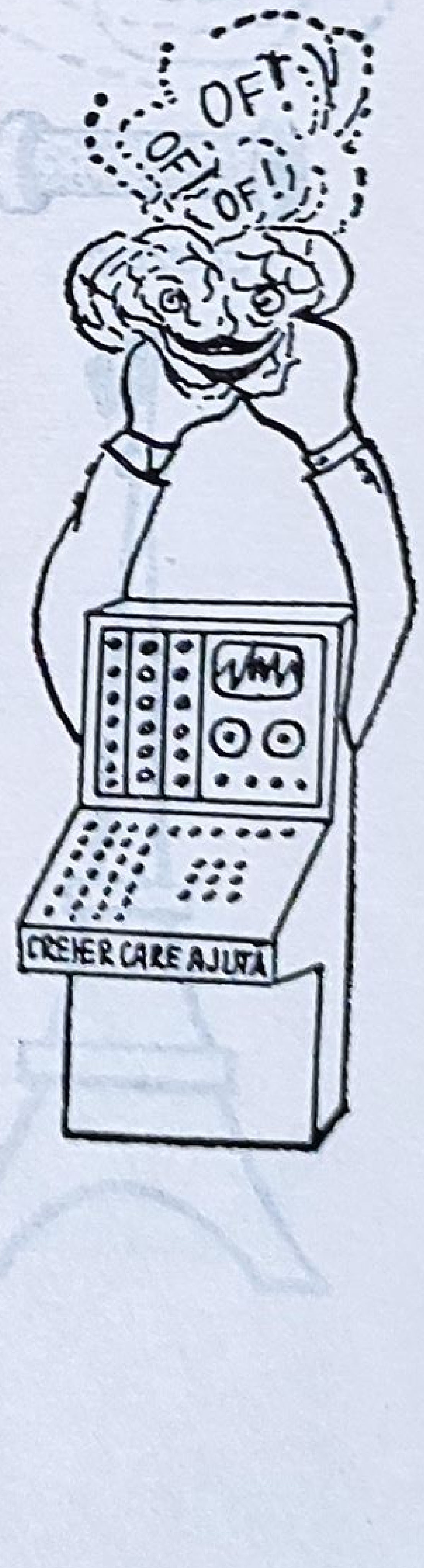
CURIOSUS : Totul a început de la telegrafia fără fir.

Heinrich Hertz

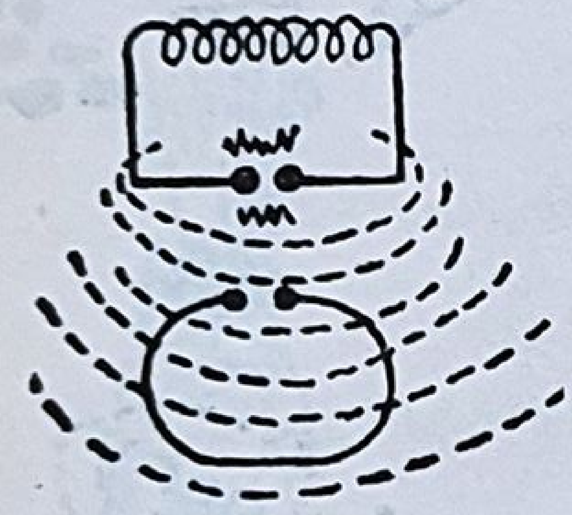


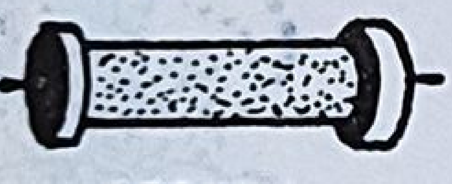
Michael Faraday

James Clerc Maxwell

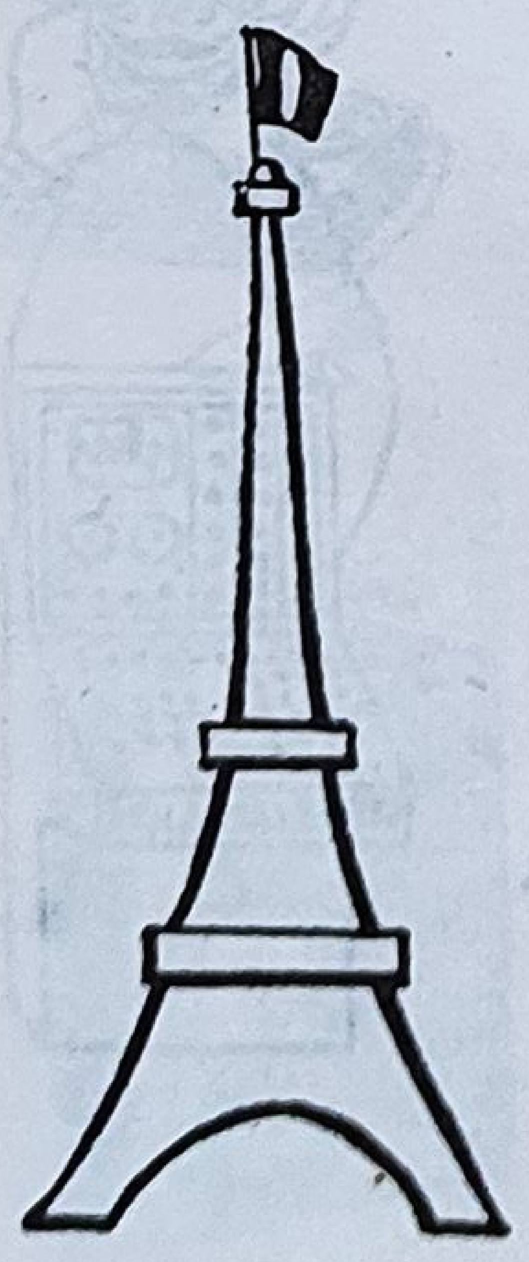








coeror



IGNOTUS : Ce om de geniu a inventat-o ?

CURIOSUS : Este o invenție colectivă și, aș spune chiar, un foarte frumos exemplu de cooperare internațională. La început, un autodidact genial, fizicianul englez Michael Faraday a formulat intuitiv în anul 1832, teoria cîmpurilor electrice și magnetice. Un alt savant englez (dar de origină scoțiană) James Clerck Maxwell, dezvoltă ideile lui Faraday și demonstrează că variațiile cîmpului magnetic se propagă în spațiu sub formă de unde. În plus, teoria lui Maxwell este materializată sub forma unor formule care îi poartă numele și care permit calcularea vitezei de propagare a acestor unde în funcție de mediul în care se deplasează. Tot Maxwell a demonstrat faptul că lumina este compusă din unde electromagnetice și i-a calculat viteza, a cărei valoare — după calcule făcute mult mai tîrziu — era exactă.

IGNOTUS : Formidabil ! Iată un caz în care matematica a devansat experiența.

CURIOSUS : Este adevărat. Primul care a reușit să obțină unde electromagnetice a fost un profesor german de fizică, care se numea Heinrich Hertz. În 1887, a reușit să producă în laboratorul său scîntei electrice cu ajutorul unor tensiuni înalte produse de o bobină Rhumkorff. El detecta aceste unde cu ajutorul unui „detector", un fel de buclă metalică. Între capetele apropiate ale buclei, sub influența undelor herțiene, apăreau scîntei. Undele electromagnetice au fost denumite unde herțiene, după numele descoperitorului lor sau după primul om care le-a produs pe cale experimentală.

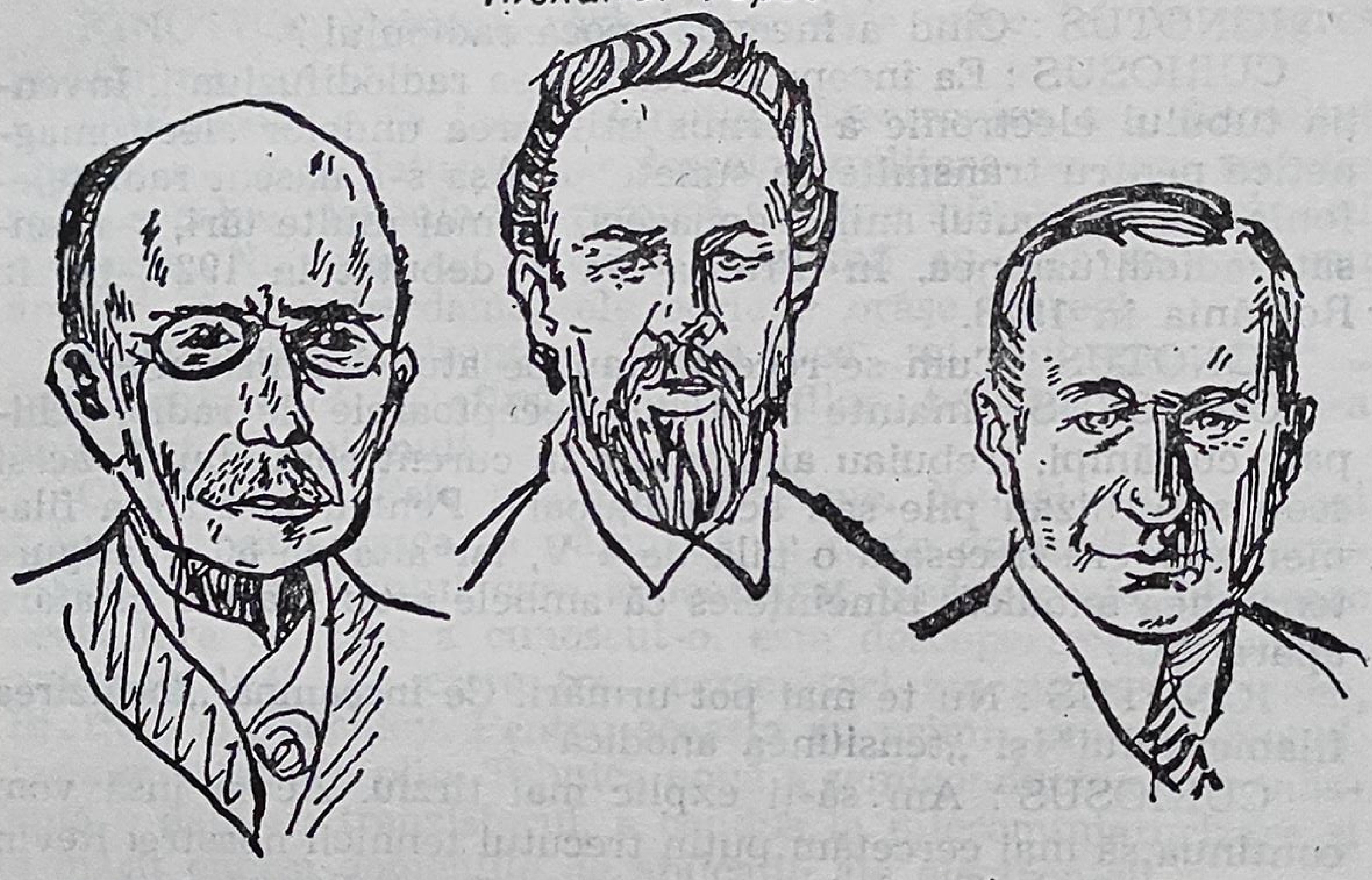
IGNOTUS : Îmi închipui că termenul „detecție" pe care l-ai pronunțat adineauri înseamnă „descoperire". Este vorba de același lucru pe care-l fac detectivii în romanele polițiste, care de altfel îmi plac atît de mult... Dar mă întreb dacă acest „rezonator" a lui Hertz permite detectarea undelor emise la mare distanță ?

CURIOSUS : Nicidecum. Acest detector era foarte puțin sensibil. Un alt savant, fizicianul francez Edouard Branly, a descoperit în 1890 că rezistența electrică a pudrelor metalice scade foarte mult sub acțiunea undelor electromagnetice. Astfel s-a creat un aparat foarte sensibil pentru detectarea acestor unde, ceea ce a permis în 1895, deci cinci ani mai tîrziu, pofesorului rus Alexandru Popov să realizeze primele transmisii de telegrafie fără fir. Demonstrația a realizat-o la 7 mai 1895, în fața membrilor Societății Ruse de Chimie și Fizică reuniți la Leningrad (Petersburg).

IGNOTUS : Ai avut multă dreptate cînd ai vorbit de cooperare internațională. Pentru realizarea telegrafiei fără fir, au fost necesare cercetările și descoperirile a doi englezi, un german, un francez și un rus.

CURIOSUS : Dar nu numai la asta se limitează acest minunat exemplu de lucru în comun ce nu a cunoscut frontierele.

Alexandr Popov



Edouard Branly Giuglielmo Marconi

Primele legături la mare distanță au fost realizate de un tînăr italian Guglielmo Marconi, în 1899, an în care a reușit să stabilească legătura deasupra Canalului Mînecii. Doi ani mai tîrziu, la 12 decembrie 1901, el a realizat traversarea oceanului Atlantic de către undele electromagnetice. Și în sfîrșit, în 1906, americanul Lee de Forest a inventat lucrul cel mai de seamă din domeniul care ne interesează.

IGNOTUS : Dar ce anume a inventat ?

CURIOSUS : Prima „lampă de telegrafie fără fir" cum era denumită atunci ; căci astăzi o denumim cu toții „tub electronic".

EPOCA RADIOULUI

IGNOTUS : Dacă înţeleg bine, termenul de „electronică" este relativ recent ?



CURIOSUS : Chiar aşa, şi aş putea adăuga că istoria tehnicii electronice se poate împărţi în trei etape : telegrafia fără fir, radioul şi, în sfîrşit, electronica.

IGNOTUS : Cînd a început epoca radioului ?

CURIOSUS : Ea începe cu realizarea radiodifuziunii. Invenţia tubului electronic a permis utilizarea undelor electromagnetice pentru transmiterea sunetelor. Aşa s-a născut radiotelefonia. La începutul anilor douăzeci, în mai multe ţări, s-a lansat radiodifuziunea. În Franţa ea a debutat în 1921, iar în România în 1928.

IGNOTUS : Cum se recepţionau pe atunci emisiunile ?

CURIOSUS : Înainte de 1930, receptoarele de radio, echipate cu lămpi, trebuiau alimentate în curent continuu. În acest scop se utilizau pile sau acumulatoare. Pentru încălzirea filamentelor era necesară o pilă de 4 V, iar alta de 80 V asigura tensiunea anodică. Bineînţeles că ambele erau plasate în afara aparatului.

IGNOTUS : Nu te mai pot urmări. Ce înseamnă „încălzirea filamentului" şi „tensiunea anodică" ?

CURIOSUS : Am să-ţi explic mai tîrziu. Acum însă vom continua să mai cercetăm puţin trecutul tehnicii noastre. Revin asupra radioreceptoarelor din anii douăzeci. Foarte puţin sensibile, ele necesitau deseori utilizarea unei antene exterioare sau a unui colector de unde de tipul „cadru". În ceea ce priveşte difuzoarele, acestea se găseau în exteriorul receptoarelor. Îţi dai seama la ce glume duceau toate acestea, deoarece principiul pe care se bazau toate firele acestea era acela al telegrafiei „fără fir".

IGNOTUS : Totuşi, cum s-a schimbat în cele din urmă ?

CURIOSUS : Începînd cu anul 1930, s-a realizat alimentarea receptoarelor de la reţea. În marea majoritate a acestor aparate, s-a aplicat principiul schimbării frecvenţei, principiu inventat în 1917 de inginerul francez Lucien Lévy. Acest lucru a permis obţinerea unei sensibilităţi importante, astfel încît pentru captarea undelor era suficient un simplu „cadru". În plus, în interiorul aparatului s-a plasat şi difuzorul.



IGNOTUS : Şi astfel transmisia sunetelor s-a simplificat foarte mult. Dar cea a imaginilor ?

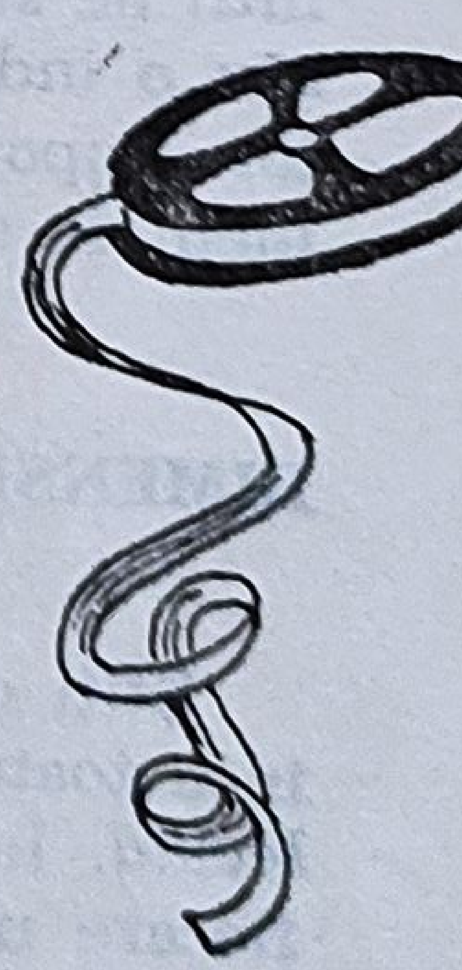
CURIOSUS : Experimentarea televiziunii s-a realizat în al doilea deceniu al secolului nostru, iar transmisia a început în anii treizeci. A fost însă întreruptă de cel de al doilea război mondial.

DEZVOLTAREA ELECTRONICII

IGNOTUS : Evident, războiul oprește orice fel de progres al tehnicii.
CURIOSUS : Te înșeli, Ignotus. Electronica s-a dezvoltat atît de rapid și datorită problemelor militare pe care trebuia să le rezolve, devenind o ramură de sine stătătoare a tehnicii moderne. Nu uita că datorită radarului au fost salvate sau apărate de bombardamentele aeriene orașe întregi.
IGNOTUS : Ai dreptate. Vorba ceea „tot răul spre bine"....
Îmi închipui că la sfîrșitul ostilităților, tehnica noastră s-a dezvoltat și mai mult.
CURIOSUS : Este adevărat, prietene. Numai după război a început electronica să pătrundă în toate domeniile de activitate umană. Faptul care a declanșat însă această uluitoare dezvoltare pe care a cunoscut-o, este descoperirea tranzistorului în 1948 de către trei cercetători americani Bardeen, Brattain și Shockley. Pentru aceasta au primit premiul Nobel. L-au meritat din plin. Tehnica nouă a semiconductoarelor, născută o dată cu tranzistorul, a condus la microminiaturizare și a mărit enorm domeniile de aplicație ale electronicii.



IGNOTUS : Îți mulțumesc frumos, dragă Curiosus, pentru scurta prezentare a istoriei unei tehnici care mai întîi s-a numit telegrafie fără fir, apoi radio, ca în sfîrșit să devină electronică. Toate acestea îmi cresc dorința de a o studia. Ai putea să-mi expui noțiunile fundamentale și principalele lor aplicații, cum ar fi radioul și televiziunea ?
CURIOSUS : Cu cea mai mare plăcere. Dar mai întîi am să-i cer unchiului meu, profesorul Radiol, să mă sfătuiască cum și de unde să încep.



IGNOTUS : Sper că nu mă va descuraja, cu toate că mă cunoaște ca un ignorant în domeniile cele mai elementare ale fizicii și în special ale electricității.
CURIOSUS : Acesta era exact cazul în care eram și eu, în momentul în care unchiul meu mi-a explicat electronica. Dar am să-i trimit banda de magnetofon pe care am imprimat toată conversația noastră. Astfel își va da perfect seama despre ce este vorba. În acest mod am recurs și ne-am servit de serviciile electronicii.

Profesorul Radiol explică :

Structura materiei

Profesorul Radiol expune, în acest capitol, compoziția moleculelor și atomilor, atracția dintre sarcinile electrice de sensuri opuse, comportarea straturilor de valență și, în sfîrșit, caracteristicile care deosebesc între ele materialele conductoare, izolatoare și semiconductoare.

Dragii mei Curiosus și Ignotus,

Am ascultat cu multă atenție conversația pe care ați avut-o și pe care ați înregistrat-o cu ajutorul magnetofonului. După ce am șters banda, am reutilizat-o pentru a vă lămuri problemele care vă interesează atît de mult.

După părerea mea, înainte de a începe studiul electronicii propriu-zise, trebuie ca mai întîi să posedați unele noțiuni de bază din electricitate. Și pentru ca acestea să nu fie superficiale, trebuie să aprofundăm lucrurile, adică să ne ocupăm mai întîi de structura materiei. Deoarece, după cum însuși numele său o indică, electronica se bazează pe comportarea electronilor. Important este faptul că aceștia sînt cuprinși în toate elementele sau corpurile existente.

DIMENSIUNILE MOLECULELOR

Știți că cel mai mic grăunte de materie, care mai posedă încă toate proprietățile esențiale ale acesteia, se numește *moleculă*. În momentul cînd este vorba de substanțe complexe, fiecare moleculă este compusă dintr-un anumit număr de

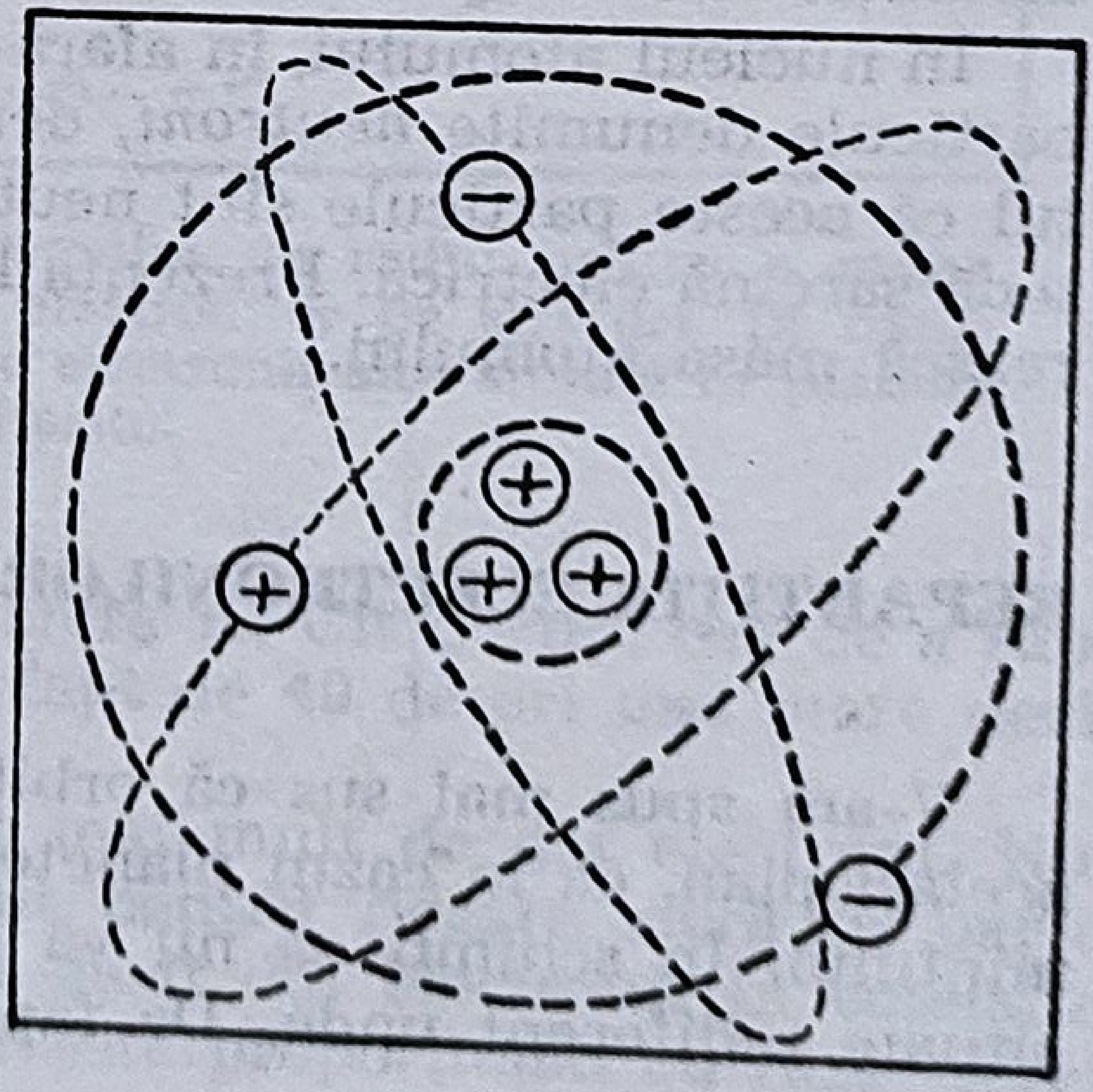
atomi ; astfel, molecula de apă conține doi atomi de hidrogen și un atom de oxigen.

Moleculele sînt foarte mici și, de asemenea, foarte ușoare. Un singur milimetru cub de apă conține 40 de miliarde de molecule. Cu alte cuvinte, dacă ați dori să așezați aceste molecule pe o linie dreaptă care unește luna cu pămîntul, deci pe o distanță de 380 000 kilometri, ar trebui ca pe fiecare centimetru să așezați cîte un miliard de molecule.

După acest exemplu îmi închipui că veți înțelege și în consecință veți pătrunde mai bine în acest microcosmos, care, în raport cu lumea care ne înconjoară este atît de mic încît poate fi comparat cu raportul dintre lumea noastră și macrocosmosul care ne înconjoară și se numește univers, univers în care distanțele sînt calculate în ani lumină. Dar voi știți că un an lumină este distanța pe care o parcurge lumina într-un an cu o viteză de 300 000 de kilometri pe secundă, adică aproximativ 32 milioane de secunde. Acesta face în total cam 9,5 mii de miliarde (sau mai degrabă 9,5 bilioane) de kilometri.

MICROCOSMOSUL ȘI MACROCOSMOSUL

Să revenim totuși de la macrocosmos în care aceste distanțe sînt elementare (nu se vorbește curent despre milioane de ani lumină ?) spre acest microcosmos, în care minuscula moleculă se compune din unul sau mai mulți atomi. Acest ultim cuvînt, atom, de origină greacă, se traduce prin „indivizibil“. Mai multe secole la rînd s-a crezut într-adevăr că atomul este cea mai mică părticică de materie. Să ne gîndim numai,



Structura unui atom. Nucleul este format din protoni pozitivi și din neutroni, aceștia din urmă nefiind figurați. În jurul nucleului lui se rotesc electronii negativi.

că atomul de hidrogen nu cîntărește decît 1,673 cuadrilionime de gram. Și cum după cîte știu nu prea sînteți obișnuiți cu acest termen „cuadrilionime", pot să vă reamintesc că înseamnă 1 : 1 000 000 000 000 000 000 000 000 !.....

Ei bine, în acest microcosmos, această greutate este departe de a fi o greutate mică sau neglijabilă, deoarece, atomul este compus la rîndul său din particule mult mai mici. De fapt el este compus dintr-un nucleu în jurul căruia se învîrtesc *electronii*. După cum singuri constatați, atomul se aseamănă cu sistemul solar, cu singura diferență că planetele se învîrtesc în jurul soarelui pe niște orbite care se găsesc aproximativ în același plan, în timp ce orbitele electronilor sînt situate în planuri diferite.

Dacă, cu toată existența forței centrifuge, planetele continuă să se învîrtească în jurul soarelui fără să părăsească sistemul solar, aceasta se explică numai prin acțiunea forțelor de gravitație care determină o atracție între toate corpurile. În același fel electronii se învîrtesc în jurul nucleului fără să-l părăsească, deoarece acesta exercită asupra lor o forță care îi reține.

Această forță este de natură electrică. De fapt, electronii sînt sarcini electrice negative elementare. Cît despre nucleu, acesta este compus din *protoni*, aceștia fiind sarcini electrice elementare pozitive.

Ori, între sarcinile negative și cele pozitive există o forță de atracție, curios de asemănătoare cu cea a gravitației. Aceasta din urmă este proporțională cu masa corpurilor și invers proporțională cu distanța dintre ele. Ei bine, pentru sarcinile electrice, atracția ce se exercită între ele este proporțională cu valoarea sarcinilor electrice și invers proporțională cu patratul distanței ce le desparte.

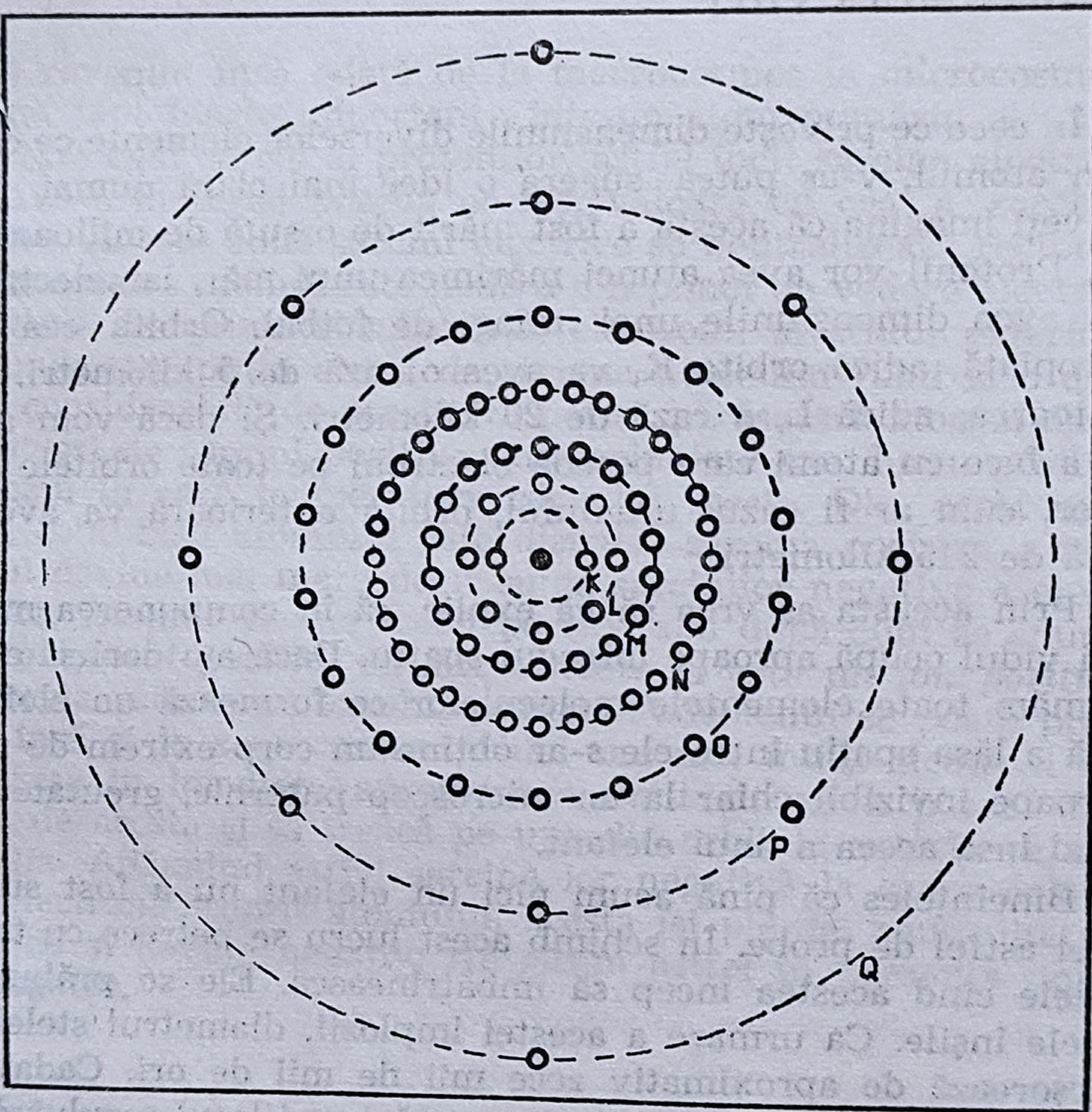
În nucleul atomului, în afară de protoni se mai găsesc și alte particule denumite *neutroni*, denumirea lor provine de la faptul că aceste particule sînt neutre, sau cu alte cuvinte nu posedă sarcină electrică. Prezența lor nu face altceva decît să mărească masa atomului.

REPARTIȚIA ELECTRONILOR

V-am spus mai sus că orbitele electronilor nu se află pe același plan, ca în cazul planetelor ce se învîrtesc în jurul pămîntului. În schimb, să nu vă închipuiți că aceste orbite sînt situate indiferent unde. De fapt ele nu pot ocupa decît șapte

nivele sau, dacă preferați, șapte sfere care au ca centru nucleul. Aceste sfere sînt denumite K, L, M, N, O, P și Q.

Sfera K este cea mai apropiată de nucleu. Ea este constituită dintr-un cerc ce are o rază de 5 miliardimi de centimetru. Razele sferelor următoare sînt proporționale cu patratul ordinului lor. Astfel, sfera L, care este cea de a doua, are o



Reprezentarea arbitrară a atomului de radiu pentru a putea scoate în evidență repartiția electronilor pe straturi. În realitate, orbitele pe care se rotesc electronii sînt situate în planuri diferite.

rază de 4 ori mai mare decît sfera K. Cît despre cea de a șaptea sferă (Q), raza sa este de fapt de 40 de ori mai mare decît sfera K sau prima.

O orbită nu poate conține mai mult de doi electroni. Numărul electronilor este limitat pentru fiecare sferă în parte. În prima sferă nu pot exista decît doi electroni. În celelalte, numărul limită al electronilor este proporțional cu raza sferei.

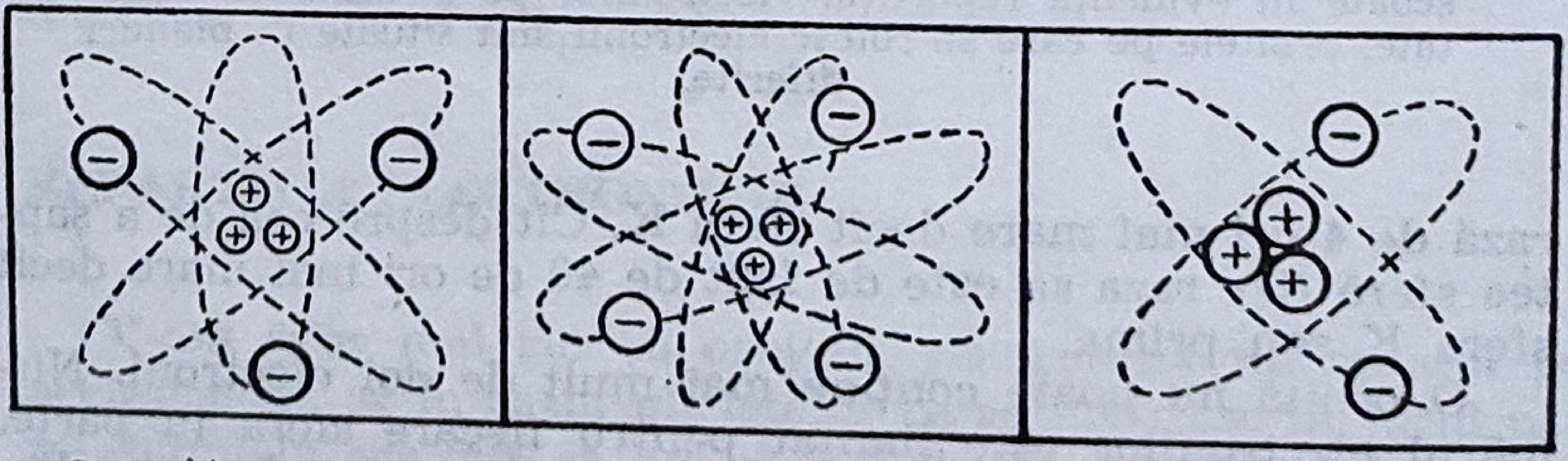
Numărul de electroni pe care-l conține sfera L este de 4 ori mai mare decît cel conținut de sfera K, iar numărul maximum de electroni pe care-i poate conține o sferă este de $2 \times 4 = 8$. Și așa mai departe.

FOARTE MULT VID!

În ceea ce privește dimensiunile diverselor elemente ce compun atomul, v-aș putea sugera o idee mai clară numai dacă vă veți imagina că acesta a fost mărit de o sută de milioane de ori. Protonii vor avea atunci mărimea unui măr, iar electronii vor avea dimensiunile unei mingi de fotbal. Orbita cea mai apropiată, adică orbita K, va avea o rază de 5 kilometri. Următoarea, adică L, o rază de 20 kilometri. Și dacă vom avea de a face cu atomi care posedă electroni pe toate orbitele sferelor, cum ar fi cazul uraniului, orbita exterioară va avea o rază de 245 kilometri.

Prin aceasta aș vrea să vă explic, că în compunerea materiei vidul ocupă aproape întregul spațiu. Dacă am dori să comprimăm toate elementele moleculelor ce formează un elefant, fără a lăsa spațiu între ele s-ar obține un corp extrem de mic, aproape invizibil chiar la un microscop puternic, greutatea sa fiind însă aceea a unui elefant.

Bineînțeles că pînă acum nici un elefant nu a fost supus unei astfel de probe. În schimb acest lucru se petrece cu toate stelele cînd acestea încep să îmbătrînească. Ele se prăbușesc în ele înșile. Ca urmare a acestei implozii, diametrul stelei se micșorează de aproximativ zece mii de mii de ori. Cadavrul stelei nu mai este decît o gaură neagră în mijlocul cerului. Dar



a — Atom neutru; *b* — Atom negativ (ion negativ); *c* — Atom pozitiv (ion pozitiv).

enorma densitate a materiei sale determină un cîmp gravitațional atît de intens, conform legilor relativității generale, încît el deviază complet razele luminoase.

SFÎRȘITUL NEUTRALITĂȚII

Să revenim încă odată de la macrocosmos la microcosmos. Iată un fapt foarte important : într-un atom numărul electronilor este egal cu cel al protonilor, astfel încît sarcina electrică negativă a materiei posedă aceiași valoare cu cea a sarcinii pozitive. Aceste două sarcini electrice se neutralizează reciproc și prin aceasta atomul este neutru din punct de vedere electric.

Totuși, la anumite substanțe, electronii stratului exterior, sînt mult mai puțin atrași de sarcina nucleului fiind la o distanță considerabilă de acesta. Ei pot să părăsească atomul dacă sînt atrași de sarcini pozitive din vecinătate sau, lucru posibil, în cazul în care temperatura corpului crește. Din acest moment, echilibrul atomului este distrus : sarcina pozitivă a nucleului devine mai mare decît suma sarcinilor negative a electronilor. Atomul devine astfel pozitiv, sau după cum se spune el este *ionizat pozitiv*, cu alte cuvinte el este un *ion pozitiv*.

Acesta este cazul ionului pozitiv. Fenomenul se poate produce însă și în sens contrar. Unul sau mai mulți electroni ce se găsesc în imediata apropiere a unui alt atom pot să fie atrași de acesta și să treacă pe una din orbitele exterioare ale acestuia. Adăugînd astfel sarcina lor negativă la cea a celorlalți electroni proprii atomului, acesta își pierde neutralitatea electrică și devine negativ. Ne găsim astfel în prezența unui *ion negativ*.

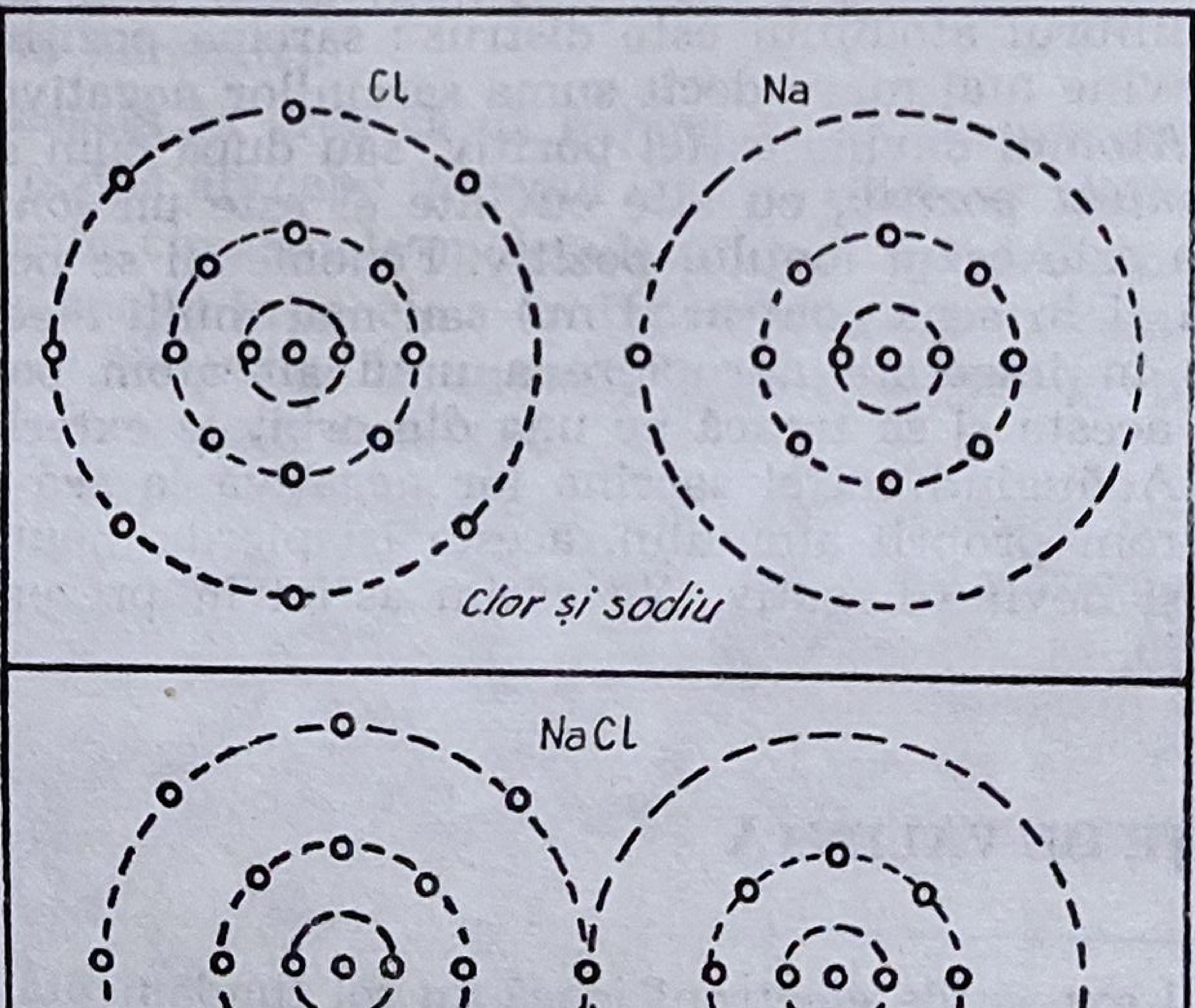
TENDINȚE DE VALENȚĂ

Stratul extern de electroni joacă un rol fundamental în formarea moleculelor, acestea fiind asociații de atomi, ce compun diverse elemente. Numai orbita exterioară poate avea electroni comuni ce aparțin unor atomi diferiți.

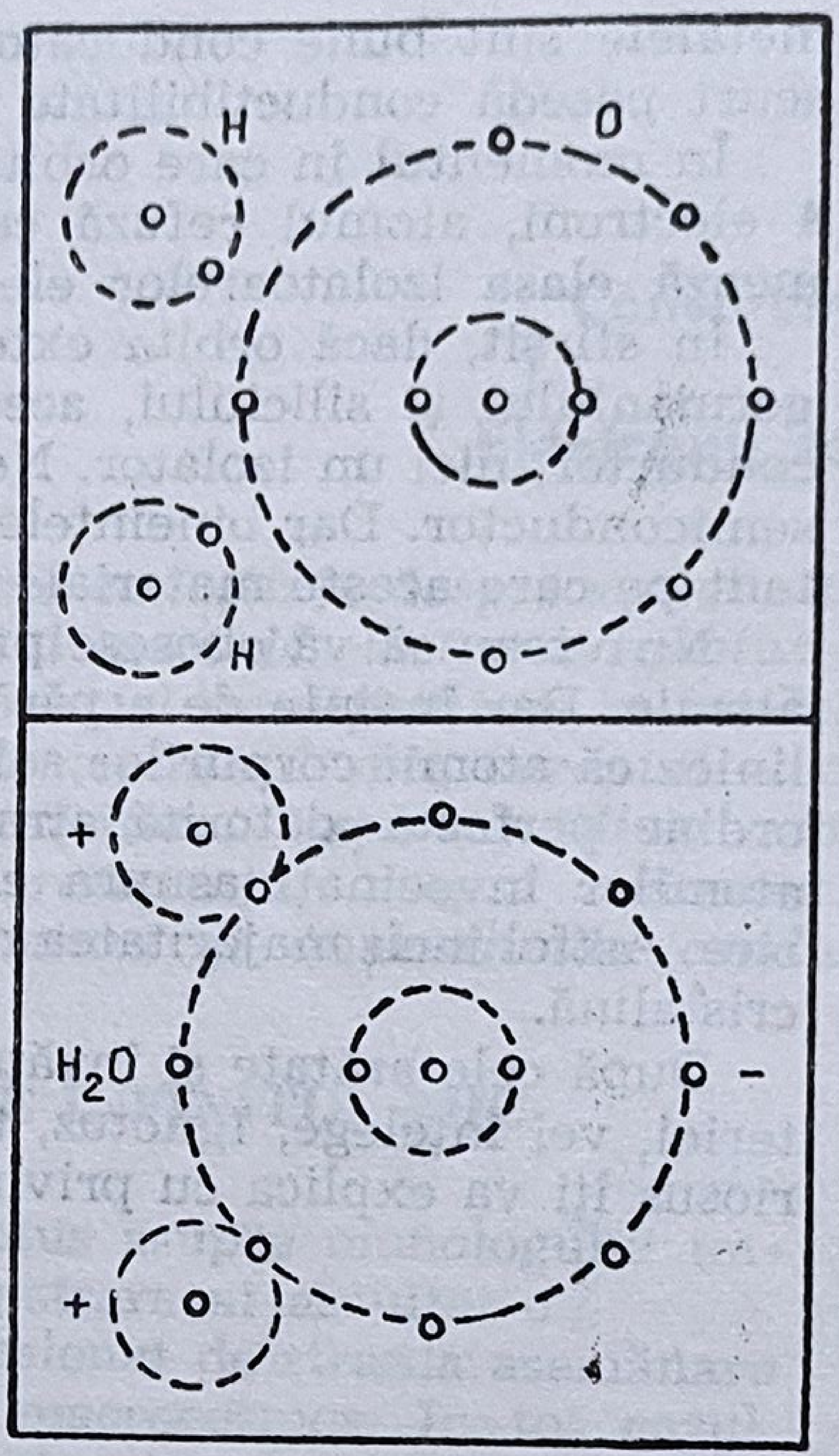
În general, orbita exterioară se simte bine și satisfăcută, numai în momentul în care pe ea se rotesc 8 electroni. În consecință, în momentul în care pe această orbită se află numai 7 electroni, ea dorește să posede 8 electroni și va încerca să mai prindă unul suplimentar ; atomul care pe orbita exterioară po-

sedă 7 electroni se numeşte atom *monovalent,* deoarece orbita exterioară se numeşte orbită de valenţă. În cazul în care ea posedă numai 6 electroni, atunci atomul este *bivalent.* Acesta este cazul oxigenului ai cărui atomi posedă pe orbita exterioară (L) 6 electroni. În momentul în care oxigenul este pus în contact cu hidrogenul, care este cel mai uşor atom, deoarece posedă un singur electron ce se roteşte în jurul unui singur proton, fiecare atom de oxigen se asociază cu doi atomi de hidrogen, în aşa fel încît pe orbita exterioară, sau de valenţă, a atomului de oxigen, să se rotească 8 electroni. Se formează astfel acest oxid de hidrogen care este mai bine cunoscut sub numele de....... apă.

Să mai luăm un caz, cel al clorului, a cărei orbită exterioară, M, conţine 7 electroni, fapt care-i determină monovalenţa. Pus în prezenţa sodiului, care pe orbita sa exterioară, M, nu posedă decît un electron, acesta se asociază cu cei 7



Prin combinarea unui atom de clor (Cl) cu un atom de sodiu (Na) se formează o moleculă clorură de sodiu sau de „sare de bucătărie".



Doi atomi de hidrogen (H) își cedează electronii pentru a completa numărul de 8 electroni necesar atomului de oxigen (O) pentru ca acesta să-și completeze orbita exterioară L. Se formează astfel o moleculă de oxid de hidrogen, în mod obișnuit denumit „apă".

electroni ai atomului de clor pentru a forma clorura de sodiu. Află, dragă Ignotus, că acest nume savant aparține sării de bucătărie.

CONDUCTOARE, IZOLATOARE ȘI SEMICONDUCTOARE

Vedem astfel că atomii a căror orbită exterioară atrage electronii atomilor învecinați devin ioni negativi, în timp ce atomii care au pierdut atomii de pe orbita exterioară devin ioni pozitivi. Și, după cîte știm, ceea ce este negativ atrage ceea ce este pozitiv, și în consecință, asocierea a doi atomi care împreună formează molecula, este o stare foarte stabilă.

Constatați astfel că un atom a cărui orbită exterioară conține mai puțin de 8 electroni are tendința să se asocieze cu vecinii săi. Nu însă acesta este cazul neonului care posedă prin structura sa 8 electroni pe ultima orbită, fapt care-l determină să rămîie deoparte, izolat sub formă de gaz.

În momentul în care numărul electronilor periferici este inferior numărului 4, atomul oferă generos din electronii săi vecinilor. Acesta este cazul tuturor metalelor, fapt pentru care

metalele sînt bune conducătoare de electricitate sau mai pe scurt posedă conductibilitate electrică.

În momentul în care orbita exterioară conține mai mult de 4 electroni, atomul refuză cedarea lor. Aceste elemente formează clasa izolatoarelor electrice.

În sfîrșit, dacă orbita exterioară conține 4 electroni, cazul germaniului și siliciului, această substanță nu va fi nici un conductor, nici un izolator. Ne găsim în prezența unui material semiconductor. Dar bineînțeles că voi știți desigur rolul important pe care aceste materiale îl joacă în prezent în electronică.

Nu vreau să vă obosesc prea mult vorbind despre domeniul atomic. Dar înainte de a părăsi microcosmosul aș vrea să subliniez că atomii corpurilor solide sînt așezați, în general, într-o ordine perfectă datorită atracției pe care o exercită nucleele atomilor învecinați asupra electronilor de pe orbitele periferice. Astfel încît majoritatea corpurilor solide posedă o structură cristalină.

După cele arătate și învățate mai sus, asupra structurii materiei, vei înțelege, Ignotus, tot ceea ce dragul meu nepot Curiosus îți va explica cu privire la curentul electric.

Convorbirea a 2-a

Electronii se plimbă

Posedînd unele cunoștințe despre structura materiei, în special rolul jucat de electroni, Ignotus nu va întîmpina nici un fel de dificultate în înțelegerea noțiunilor fundamentale despre curentul electric, sursele de electricitate, raportul dintre intensitate, tensiune și rezistență, despre valoarea acesteia funcție de natura și dimensiunile conductoarelor.

SPRE INFINITUL MARE ȘI SPRE INFINITUL MIC

CURIOSUS : Ce părere ai Ignotus asupra monologului unchiului meu Radiol, a cărui înregistrare ai ascultat-o ?

IGNOTUS : Sînt mai ales impresionat de strania asemănare care există între microcosmos și macrocosmos. În tot cazul, atomul este echivalentul sistemului solar. În aceste condiții, molecula, după părerea mea, este echivalentul unei constelații.

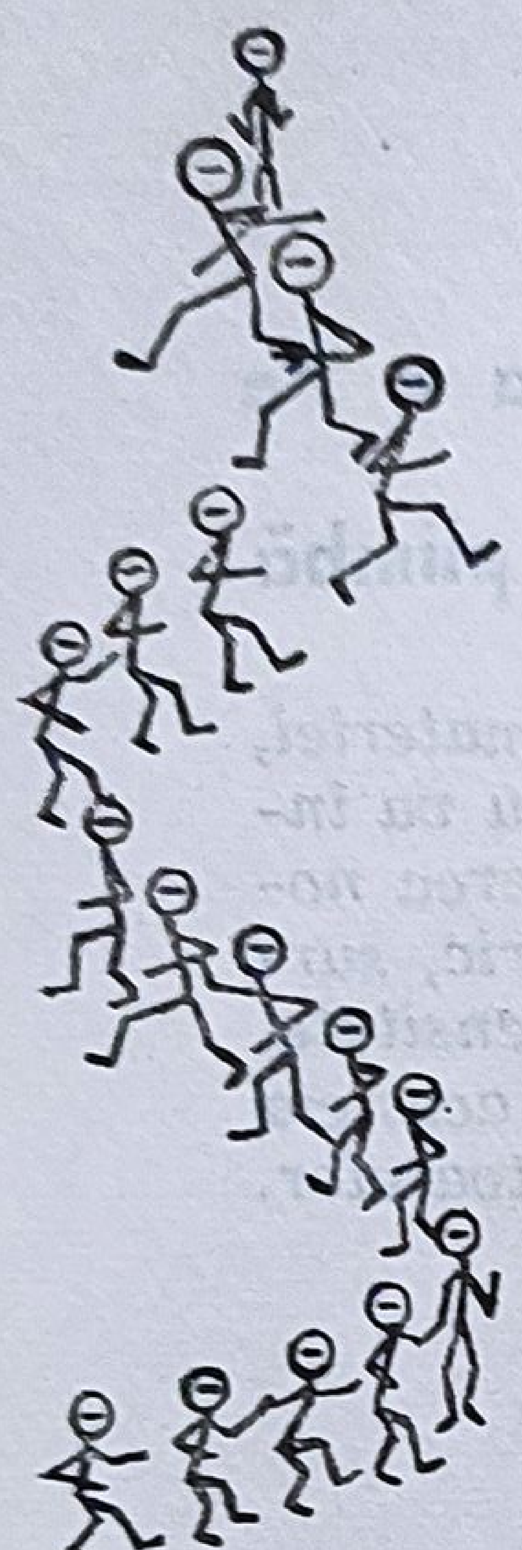
CURIOSUS : Se poate merge chiar și mai departe și am putea admite că tot universul, compus dintr-un ansamblu de astfel de constelații reunite în galaxii, constituie un tot sau un organism situat într-un superunivers.

IGNOTUS : Dragul meu, fii atent, voi emite și eu o ipoteză. în timp ce tu vii să-mi descrii imaginea a ceea ce am putea numi „macro-macrocosmos“, eu am să încep să-mi imaginez un „micro-microcosmos“. Cine poate fi sigur că fiecare electron nu poate fi la rîndul său o planetă, poate chiar locuită și compusă din particule mult mai mici care, la rîndul lor......



DRUMUL ELECTRONILOR

CURIOSUS : Te opresc, Ignotus. Căci în loc să ne imaginăm atîtea lucruri — care poate nu sînt chiar neadevărate — am face mai bine să atacăm acum studiul electricității. Știi



deja, datorită explicațiilor unchiului meu, felul în care un atom poate fi pozitiv sau negativ. Lipsa electronilor dă naștere unui ion pozitiv (atom pozitiv), în timp ce prin surplusul lor se obține un ion negativ (atom negativ), lipsa sau excedentul lor, provocînd dezechilibrul electric al atomilor respectivi. Să presupunem acum că posedăm un fir conductor.......

IGNOTUS : Vrei să spui un fir realizat dintr-o substanță ai cărei atomi posedă mai puțin de patru electroni pe stratul periferic ?

CURIOSUS : Bineînțeles. Va fi de exemplu un fir de cupru. Să admitem că la una din extremități toți atomii sînt pozitivi, în timp ce la cealaltă extremitate toți atomii sînt negativi. Încearcă să explici ce se va întîmpla !

IGNOTUS : Natura iubește echilibrul. Astfel încît presupun că electronii în exces din extremitatea negativă se vor repezi spre cealaltă, aceasta fiind pozitivă.

CURIOSUS : Exact. În realitate, drumul electronilor este mai complex. Nu cei situați la una din extremitățile conductorului vor parcurge tot drumul spre cealaltă. De fapt, atomii pozitivi de aci vor atrage electronii atomilor vecini. Aceștia, deveniți pozitivi, vor atrage la rîndul lor electronii altor atomi mai depărtați. Astfel încît din aproape în aproape fenomenul se va repeta pînă în momentul în care electronii excedentari ai unei extremități vor fi atrași la rîndul lor de atomii pozitivi vecini.



fir conductor

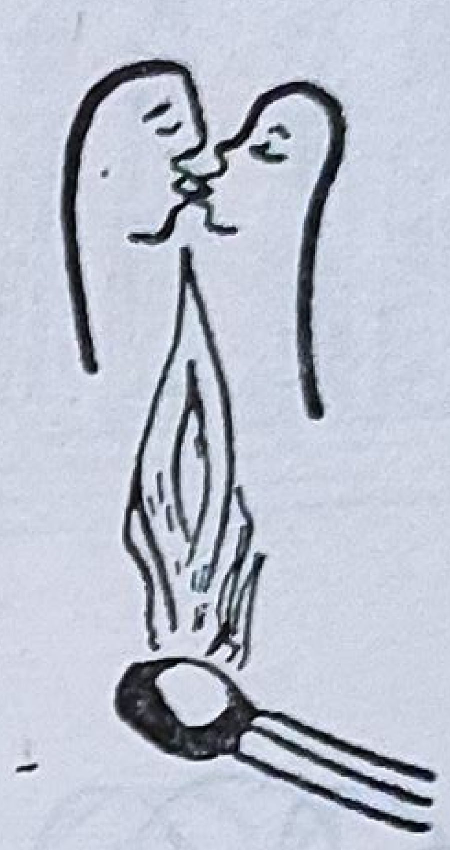
IGNOTUS : Dacă înțeleg bine, tocmai această deplasare a electronilor este denumită *curent electric*. Ținînd seama de complexitatea procesului pe care l-ai descris, viteza electronilor trebuie să fie destul de mică.

CURIOSUS : Te înșeli dragul meu prieten. Ea poate atinge viteza luminii. Dar există o diferență fundamentală între viteza individuală a electronilor ce trec de la un atom la altul și viteza de propagare a ansamblului de electroni.

Să zicem că un șir de automobile este oprit în fața unui semafor pe roșu. În momentul trecerii acestuia pe verde, fiecare din automobile demarează încet. Dar dacă conducătorii lor posedă reflexe bune, ei demarează imediat după apariția culorii verzi. În acest caz, faptul care determină momentul pornirii este timpul necesar ca lumina verde să fie văzută de ochii fiecărui șofer. Cu alte cuvinte, demarajul se propagă de-a lungul șirului de mașini cu viteza luminii, adică cu 300 000 km/s. Ei bine, curentul electric se propagă și el tot cu o viteză apropiată de cea a luminii.

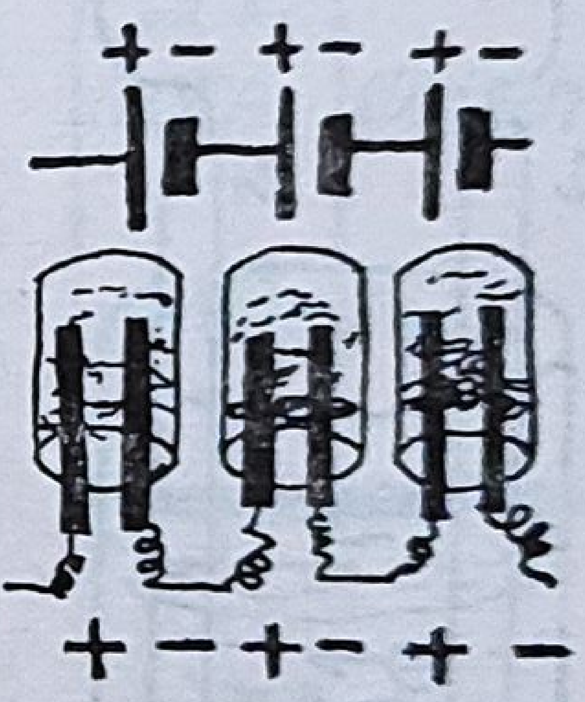


SURSE DE TENSIUNE



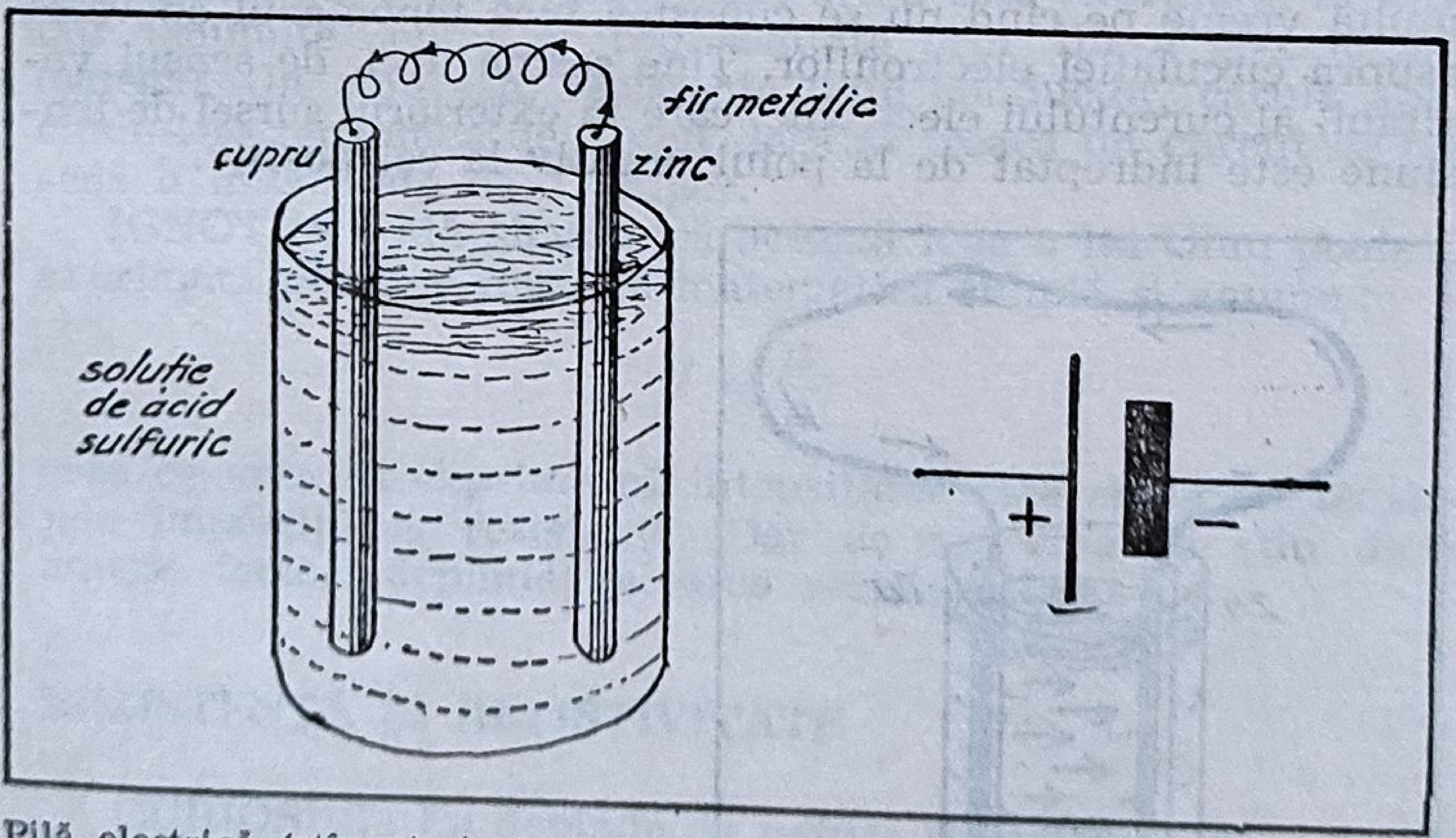
IGNOTUS : Odată ce între cele două extremități ale conductorului echilibrul electric este stabilit, curentul electric trebuie să înceteze.

CURIOSUS : El va continua să circule numai în cazul în care noi îi vom menține acest dezechilibru, dezechilibru care de altfel, se numește *potențial electric*. Pentru producerea *diferențelor de potențial* sau după cum se mai spune, a *tensiunii* se pot utiliza mai multe procedee. De fapt toate formele de energie pot fi transformate în energie electrică. Ea poate fi obținută prin încălzirea unui termo-cuplu sau prin luminarea unei celule fotoelectrice.



De asemenea, energia chimică poate fi foarte ușor transformată în energie electrică. Dacă de exemplu, într-o soluție de acid sulfuric vom introduce o bară de cupru și una de zinc, vor lua naștere imediat niște reacții chimice care vor negativa zincul față de cupru. Leagă aceste două bare între ele cu un fir de cupru prin exterior și vei constata că prin fir va circula un curent continuu de electroni care se vor deplasa de la zinc înspre cupru.

IGNOTUS : Combinația aceasta nu este ceea ce noi denumim o *pilă electrică ?*

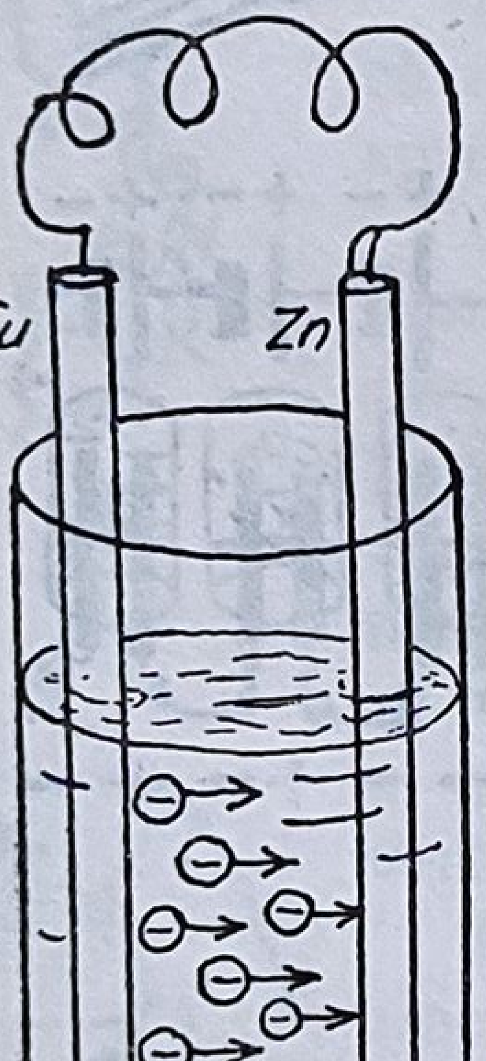


Pilă electrică *(stînga)* și simbolul său *(dreapta)*. Săgețile indică sensul de deplasare a curentului de electroni care traversează firul metalic dinspre polul negativ (zincul) spre polul pozitiv (cuprul)

CURIOSUS : Da, însă acesta este modelul cel mai elementar. Între cele două bare se stabilește o tensiune de ordinul a 1,5 volți. Dacă însă vom lega mai multe pile din acestea în serie, adică vom lega polul pozitiv al uneia cu cel negativ al următoarei, vom obține o tensiune mai ridicată.

IGNOTUS : Presupun că denumirea de *pol* desemnează aci fiecare dintre cele două extremități ale pilei. Și, foarte probabil, că în această conectare în serie tensiunile se adună. Îmi închipui că în modul acesta se obțin acele *baterii* utilizate în receptoarele radio.

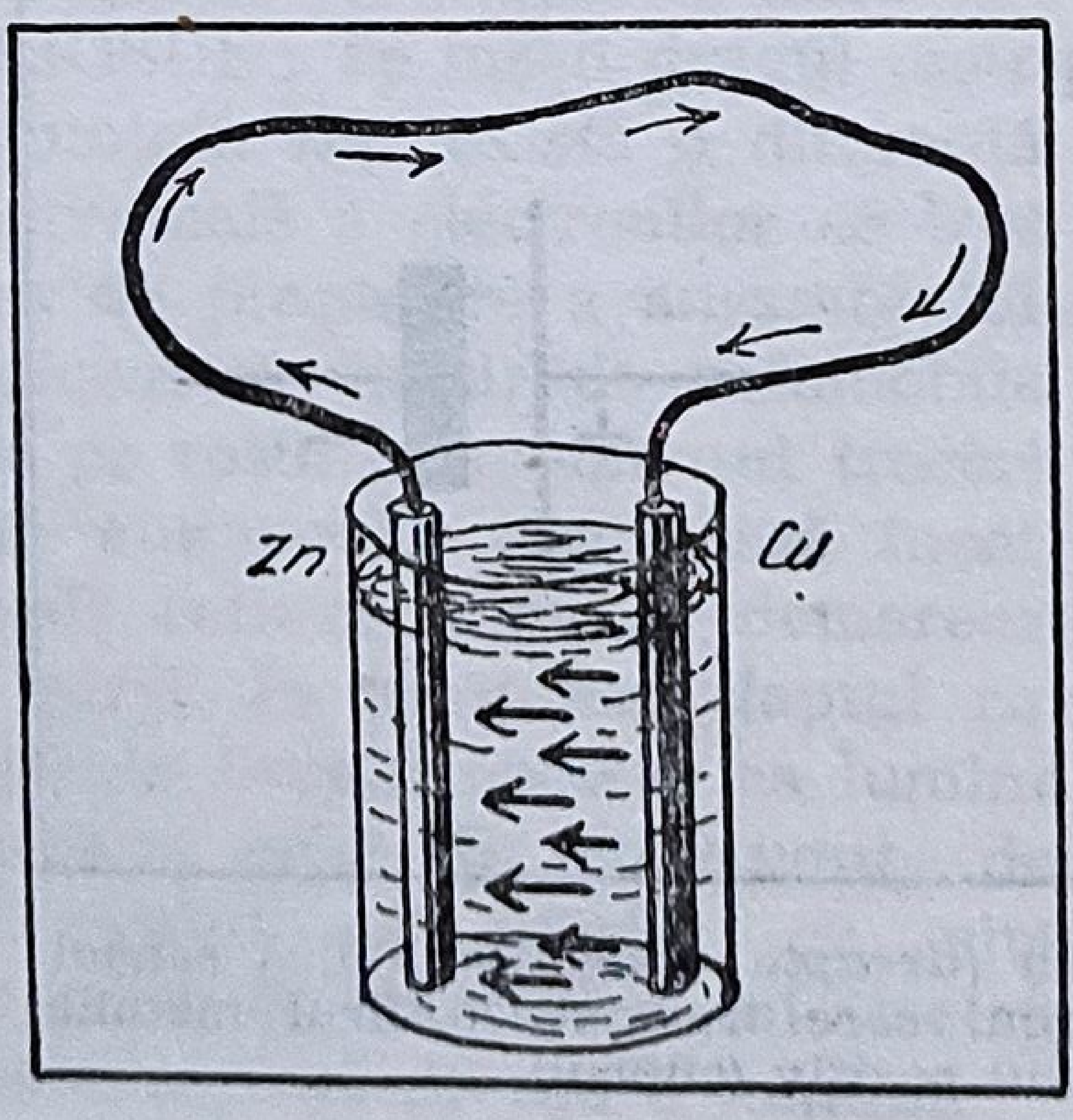
CURIOSUS : Bravo Ignotus ! Intuiția ta nu te-a înșelat nici de data aceasta. Efectiv, bateriile pe care le utilizăm, sînt așa după cum ai spus, mai multe pile legate în serie.



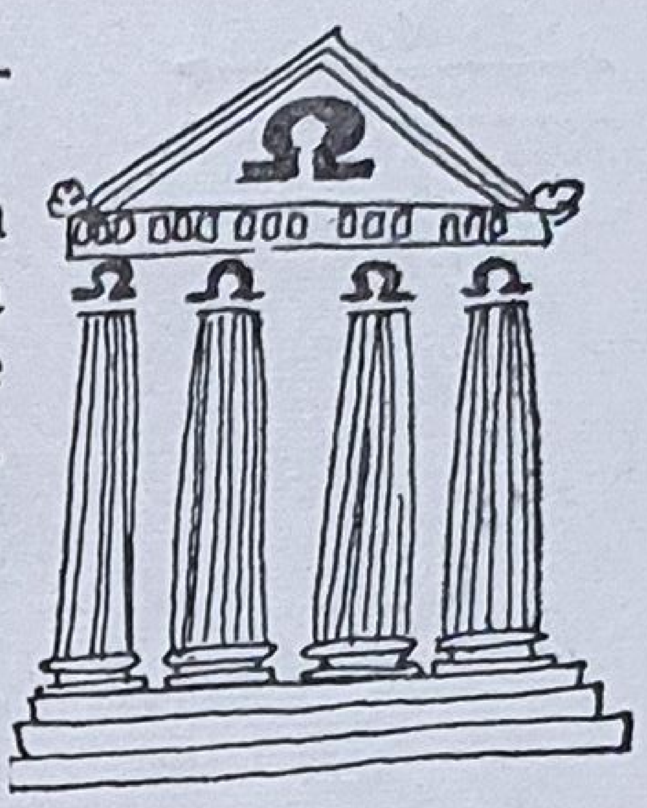
CONVENȚIA ȘI ADEVĂRUL

IGNOTUS : Și totuși, mai este ceva în toate acestea care mă surprinde. După tine, electronii se deplasează în conductor de la polul negativ la polul pozitiv. Ori eu am auzit persoane competente care susțin că, curentul electric circulă de la „plus“ (deci pozitiv) la „minus“ (deci negativ). Pe unde-i adevărul ?

CURIOSUS : Ceea ce ai auzit tu este adevărat, acesta fiind sensul convențional al curentului electric. El a fost adoptat de multă vreme pe cînd nu se cunoștea încă fenomenul adevărat asupra circulației electronilor. Ține seama deci, de sensul veritabil al curentului electronic care în exteriorul sursei de tensiune este îndreptat de la polul negativ la cel pozitiv.



Sensul de deplasare al electronilor în interiorul și în exteriorul pilei.

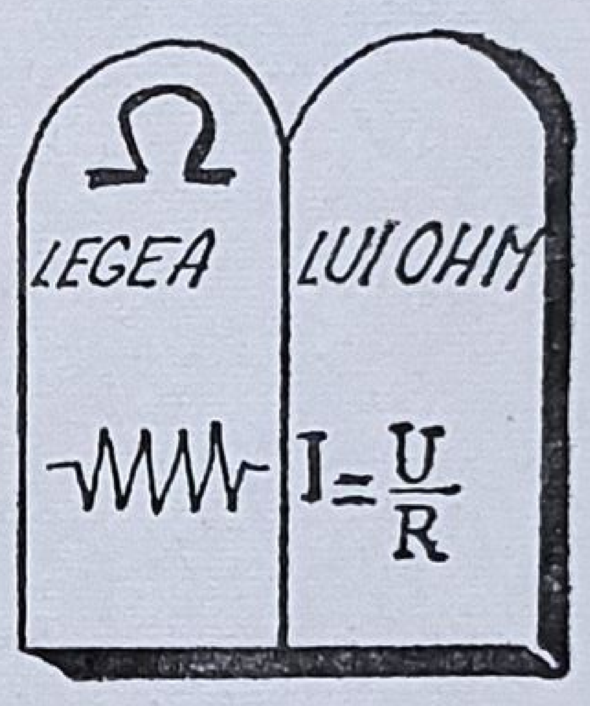


IGNOTUS : De ce pui accentul pe „exteriorul sursei de tensiune“ ?

CURIOSUS : Deoarece, în interiorul pilei, prin soluția acidă, electronii se deplasează de la bara de cupru spre bara de zinc. Vezi astfel că traseul pe care circulă electronii este perfect închis, astfel încît electronii circulă pe un traseu închis.

OMUL IGNOTUS FORMULEAZĂ LEGEA LUI OHM

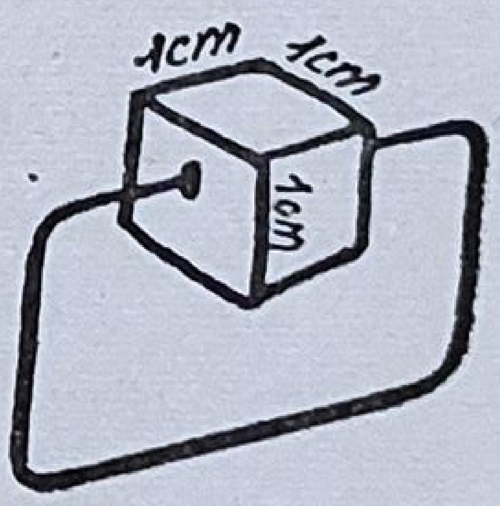
IGNOTUS : Și care este deci cantitatea de electroni care realizează această plimbare ?



CURIOSUS : Această cantitate depinde de doi factori și anume : de tensiunea sursei și de *rezistența electrică* a circuitului. Numărul de electroni care trece prin rezistență poartă numele de *intensitate* a curentului. Ea se măsoară în amperi. Un amper este echivalentul a 6 miliarde de electroni pe secundă.

IGNOTUS : Dacă înțeleg bine, această intensitate este proporțională cu tensiunea și invers proporțională cu rezistența.

CURIOSUS : Bravo, prietene ! Fără să vrei ai formulat perfect *legea lui Ohm*, această lege fundamentală a întregii științe a electricității. Pentru calcularea intensității curentului, notată cu I, este suficient să se împartă tensiunea, notată cu U, la rezistența notată cu R. Aceasta din urmă este exprimată în unități denumite „ohm“ și reprezentate prin litera grecească Ω (omega). Un ohm este rezistența unui conductor, căruia aplicîndu-i-se tensiunea de 1 volt, lasă să treacă un curent ce posedă o intensitate de 1 amper.



IGNOTUS : Mă gîndesc că această lege a lui Ohm poate fi exprimată printr-o formulă matematică simplă și anume :

$$I = \frac{U}{R}$$

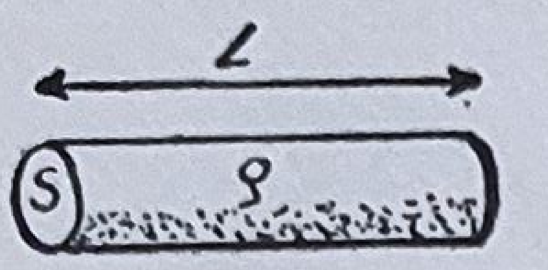
ceea ce vrea să exprime că intensitatea este egală cu tensiunea împărțită la rezistență. Dar aș mai vrea să știu de ce anume factori depinde valoarea rezistenței.



REZISTENȚĂ ȘI REZISTIVITATE

CURIOSUS : Ea depinde de natura și dimensiunile conductorului. Fiecare corp este caracterizat prin ceea ce se numește *rezistivitate* sau *rezistență specifică*. Aceasta este rezistența pe care o posedă un cub de 1 centimetru între două fețe opuse.





Cea mai mică rezistivitate o posedă argintul, fiind de 0,000 001 492 ohm/cm. Cuprul are o valoare puțin mai mare, rezistența sa specifică fiind 0,000 001 584 ohm/cm. Rezistivitatea fierului este însă de 6 ori superioară celei a argintului. Iar cea a plumbului de 15 ori mai mare.

Înțelegi deci, de ce anume se utilizează mai ales conductoare de cupru, acesta fiind de fapt mult mai ieftin decît argintul.

IGNOTUS : Îmi închipui că în corpurile izolante, rezistivitatea este mult mai mare.

CURIOSUS : Bineînțeles. Iar cea a aerului uscat este infinită. Rezistivitatea sticlei, a materialelor plastice și a cauciucului are valori foarte ridicate.

IGNOTUS : Conform celor discutate, rezistența unui conductor depinde nu numai de natura sa, deci de rezistivitatea sa, ci și de forma pe care o posedă. Mă înșel dacă îmi închipui că cu cît un conductor este mai lung cu atîta rezistența sa este mai mare ?

CURIOSUS : Nu dragă Ignotus și ai perfectă dreptate. Rezistența R este proporționată cu lungimea L a conductorului. Ea depinde deasemenea și de secțiunea S a acestuia. Ia ghicește relația matematică care se leagă ?

IGNOTUS : Un lucru știu precis, cu cît secțiunea este mai mare cu atîta electronii pot trece mai ușor. Deci R trebuie să fie invers proporțională cu secțiunea S.

CURIOSUS : Exact. Deci, dacă vom nota rezistivitatea materialului cu litera grecească ρ (ro), vei putea stabili o formulă care să permită calcularea rezistenței unui conductor de lungime L și secțiune S ?

IGNOTUS : Nu-i deloc greu. Este suficient să înmulțim rezistivitatea cu lungimea și produsul să-l împărțim la secțiune

$$R = \rho \frac{L}{S}$$

Dimensiunile lungimii și secțiunii trebuie exprimate în centimetrii, respectiv centimetrii pătrați pentru ca rezistența să fie exprimată în ohmi.



CURIOSUS : Foarte bine, Ignotus. Aplicînd această formulă vei găsi că un fir de cupru cu secțiunea de 1 mm² care înconjoară pămîntul în dreptul ecuatorului, lungime ce reprezintă 40 000 km, va poseda o rezistență de 60 000 Ω. Aproximativ, aceasta conduce la circa 60 Ω pe kilometru și numai 0,06 Ω/m.

IGNOTUS : Dacă cu un metru din firul acesta vom reuni cei doi poli ai pilei noastre cupru-zinc, care posedă o ten-

siune de 1,5 V, curentul, conform legii lui Ohm, va avea o intensitate de :

$$I = \frac{U}{R} = \frac{1,5}{00,6} = 25 \text{ amperi}$$



CURIOSUS : Este o intensitate mult prea ridicată pentru o sursă de electricitate ca aceea a unei pile. În acest caz se spune că practic, pila este *scurtcircuitată*. Un astfel de scurt circuit o poate distruge.

IGNOTUS : Sînt dezolat, dragă Curiosus. Simt cum rezistența propriului meu creier scade vertiginos din cauza cantității de cunoștințe noi cu care l-ai alimentat. Așa dar, pentru a evita un scurt circuit în propriul meu cap, îți propun să mai amînăm conversația noastră, pentru data viitoare.

PUTEREA ELECTRICĂ

Deoarece tot ne ocupăm de simboluri şi unităţi să calculăm şi *puterea electrică* disipată sau consumată într-o rezistenţă. Se numeşte putere, cantitatea de energie disipată într-o secundă. Ea este evident proporţională cu tensiunea şi intensitatea curentului. Unitatea de putere, *P*, se numeşte *watt* avînd ca simbol litera W.

Puterea se calculează cu formula :

$$P = U \times I = 20 \times 0{,}4 = 8 \text{ W}$$

CĂDEREA DE TENSIUNE

Să luăm cazul unui circuit alimentat de o baterie de 40 V care alimentează un circuit compus din 3 rezistenţe conectate în serie. Valoarea acestor rezistenţe este de 10 ohmi, 30 ohmi şi 40 ohmi. Suma acestor rezistenţe este de 80 ohmi. Conform legii lui Ohm, intensitatea curentului care parcurge cele trei rezistenţe este :

$$I = \frac{U}{R} = \frac{40}{80} = 0{,}5 \text{ A}$$

adică o jumătate de amper.

Traversînd prima rezistenţă, acest curent va determina între cele două extremităţi ale acesteia o cădere de tensiune egală cu $0{,}5 \times 10 = 5$ V. Pe a doua rezistenţă, căderea de tensiune va fi $0{,}5 \times 30 = 15$ V, iar pe a treia $0{,}5 \times 40 = 20$ V. Suma acestor căderi de tensiune este :

$$5 + 15 + 20 = 40 \text{ V}$$

adică tocmai tensiunea bateriei.

Fiecare dintre ele poartă denumirea de *cădere de tensiune* pe o rezistenţă.

Sper dragii mei prieteni că aceste calcule nu v-au obosit prea mult şi acum pentru a vă apropia de domeniul electronicii, vă sfătuiesc să începeţi studiul electromagnetismului şi al curentului alternativ.

Convorbirea a 3-a

Electromagnetism

In această parte, prietenii noștrii vor examina problemele legate de magnetism, de cîmpurile magnetice ce iau naștere datorită electricității și reciproc, a electricității produsă datorită cîmpurilor magnetice. Și pentru a încheia, toate noțiunile menționate mai sus vor permite înțelegerea ușoară a funcționării dinamului, dispozitiv ce generează curentul alternativ.

ATRACȚIE ȘI RESPINGERE

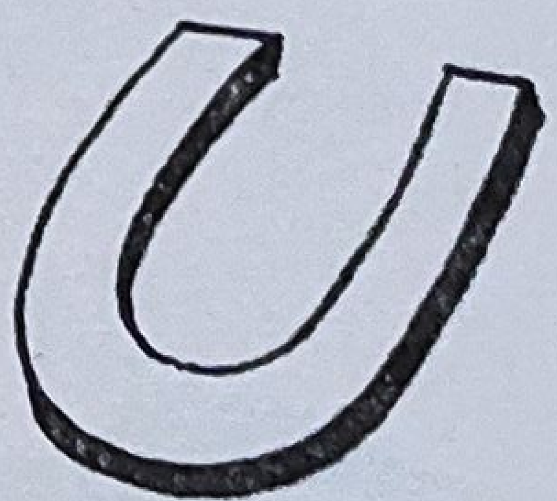
CURIOSUS : Ca să urmez întocmai sfaturile unchiului meu, am adus cu mine o busolă și doi magneți : unul este o simplă bară dreaptă, cel de al doilea are forma unei potcoave.

IGNOTUS : Magneții atrag fierul, dar atrag în aceeași măsură și atenția mea...



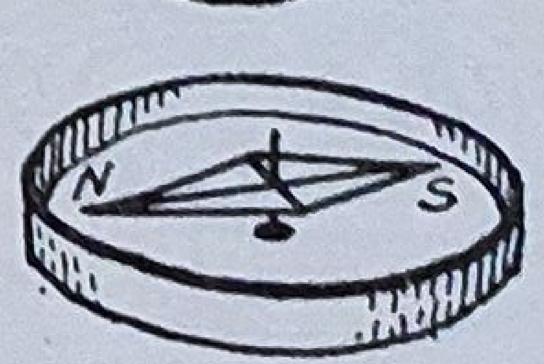
CURIOSUS : Dat fiind că așa stau lucrurile, ai putea să-mi spui care este poziția spre care se orientează micul magnet al busolei ?

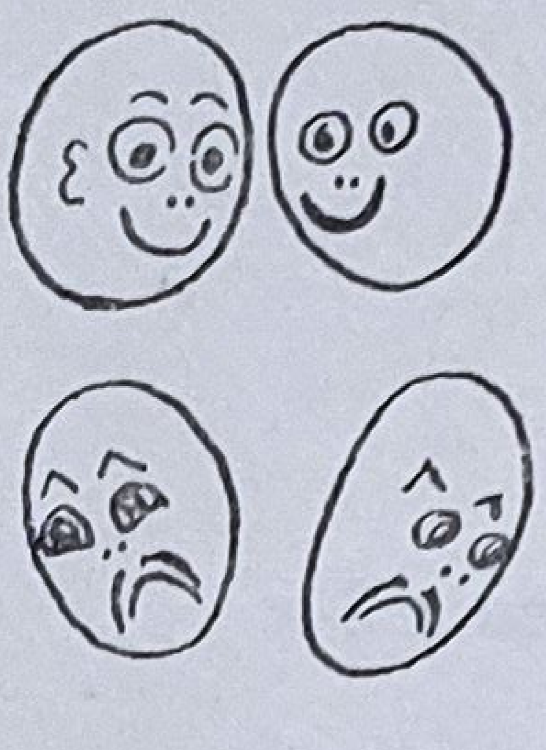
IGNOTUS : Bineînțeles, vîrful său de culoare roșie sau neagră este îndreptat spre polul Nord al pămîntului.



CURIOSUS : Aproape exact. De fapt, polul magnetic al planetei noastre nu coincide cu polul ei geografic, deviind puțin de la acesta. În orice caz, vîrful roșu al busolei poartă numele de pol nord. Uită-te, acum îl apropii de una din extremitățile magnetului în formă de bară dreaptă.

IGNOTUS : Văd că acul busolei s-a învîrtit și că acum polul sud al acului este atras de magnet. Cred, scumpul meu prieten că nu mă crezi chiar un analfabet ? Știu foarte bine că polii de nume opuse se atrag, iar cei de același fel se resping. În

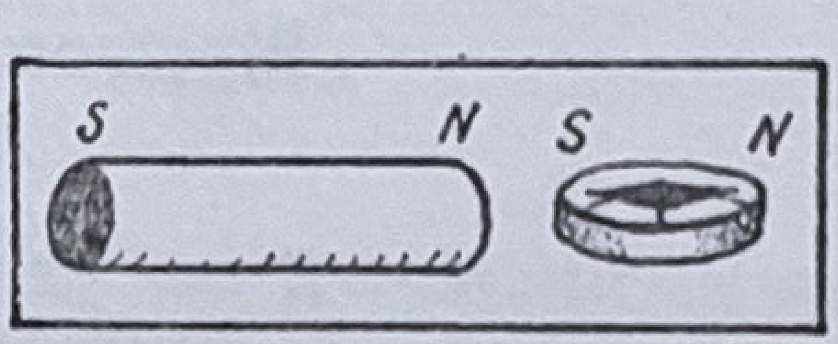




cazul nostru busola se găsește în fața polului nord al magnetului.

CURIOSUS : Exact. Cîmpurile magnetice se comportă la fel ca și cîmpurile electrice în care sarcinile de aceeași polaritate se resping iar cele de polarități diferite se atrag (cazul protonilor și al electronilor).

IGNOTUS : Ceea ce mi se pare foarte curios în toate acestea, este că noi oamenii nu putem percepe direct nici cîmpurile magnetice și nici cele electrice.



Polul nord N al barei magnetice atrage polul sud S al magnetului busolei.

CURIOSUS : Nu te plînge, Ignotus. Norocul nostru este tocmai că nu le percepem. În cazul în care organismele noastre ar fi fost sensibile și le-ar fi perceput, corpul nostru ar fi simțit toate undele electromagnetice emise de furtuni și pe deasupra și pe cele ale emițătoarelor de radio și televiziune.

PLIMBARE PE CÎMPURI

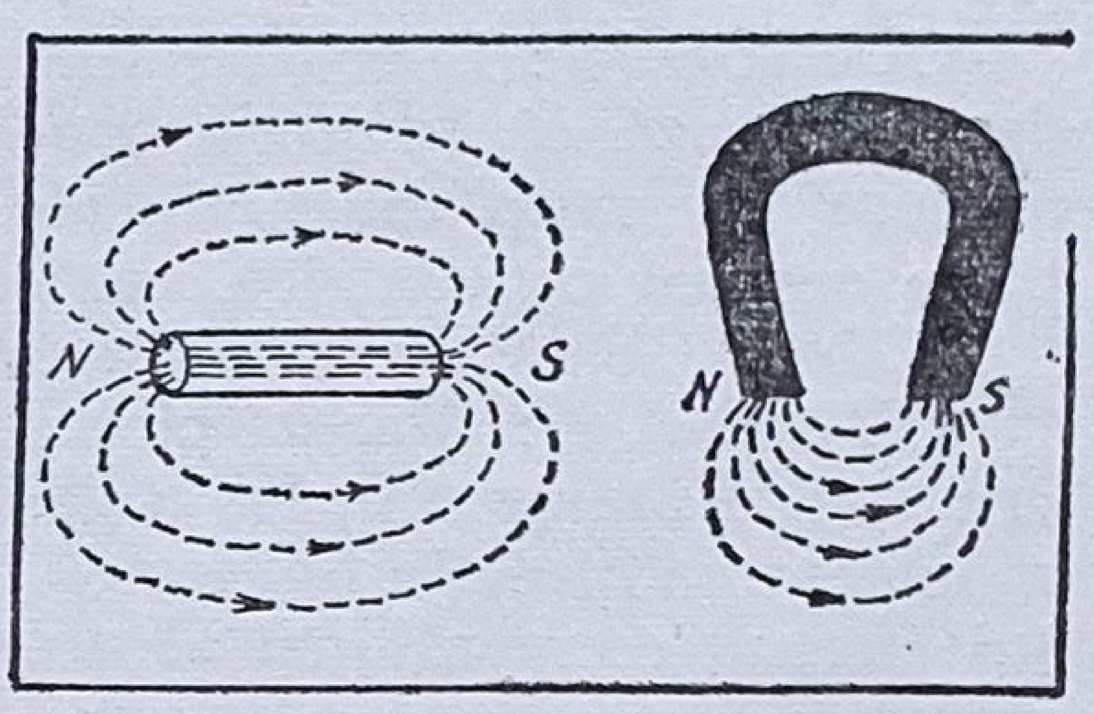
IGNOTUS : Recunosc că ar fi destul de neplăcut. Dar să lăsăm acest aspect și să-mi spui te rog cum putem determina direcția unui cîmp magnetic ?

CURIOSUS : Foarte simplu. Vom deplasa într-un cîmp magnetic o busolă și vom nota în fiecare punct direcția pe care o indică acul magnetic. Astfel vom putea trasa, ceea ce numim, liniile de forță ale cîmpului. Vei vedea că pentru fiecare din magneții noștri, direcția lor este orientată de la polul nord spre polul sud.



IGNOTUS : Crezi că spun o prostie dacă fac o analogie între magnet și circuitul electric în care curentul de electroni circulă în exteriorul pilei de la polul negativ spre cel pozitiv, iar în interiorul acesteia, de la pozitiv la negativ ? Îmi închipui că în interiorul magnetului liniile de forță se îndreaptă de la polul sud la polul nord, iar în exterior de la polul nord la cel sud, închizîndu-și astfel traiectoria.

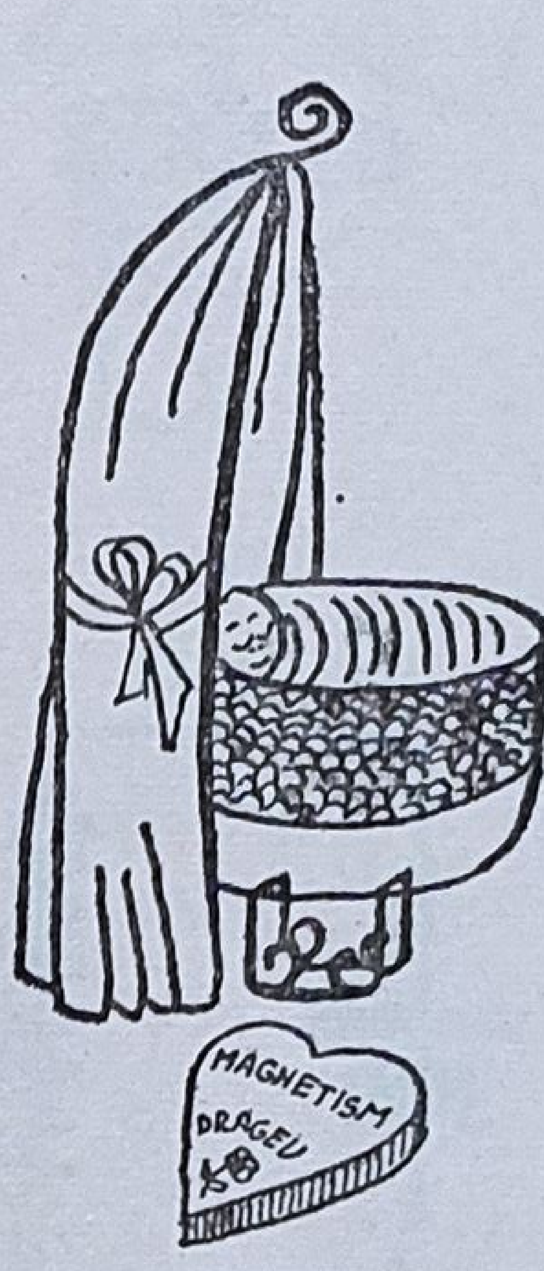
CURIOSUS : Felicitări, Ignotus. Analogia pe care ai făcut-o între magnetism și electricitate corespunde într-adevăr realității fenomenelor fizice descrise.



În cîmpurile magnetice, liniile de forță (desenate punctat) se îndreaptă de la polul nord spre polul sud.

Înrudirea lor este cu atît mai strînsă cu cît forțele lor de atracție și de respingere, se supun unor legi matematice asemănătoare : în ambele cazuri, ele sînt proporționale cu cantitatea de electricitate sau magnetism și invers proporționale cu pătratul distanței.

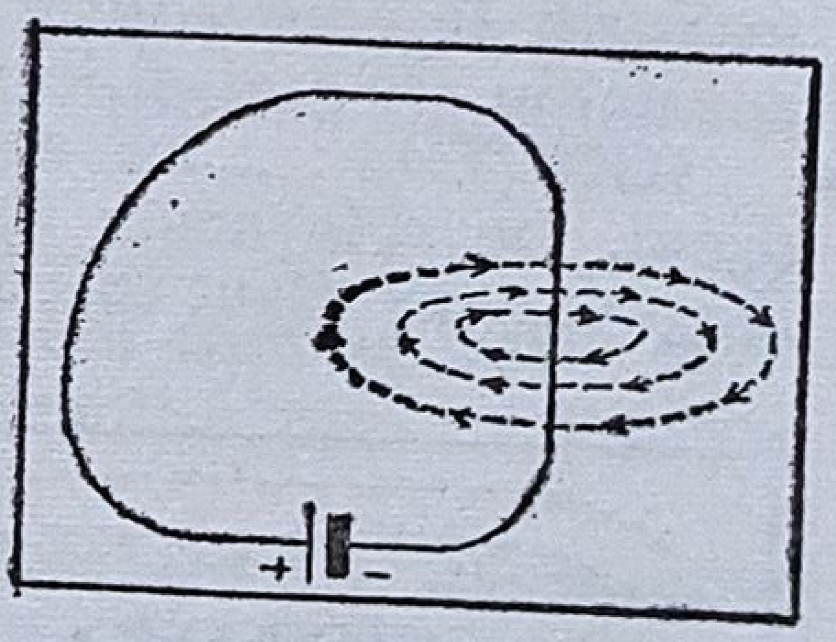
IGNOTUS : Este de fapt și cazul forțelor de gravitație. Cu această ocazie constat cît este de mare unitatea legilor naturii !



NAȘTEREA MAGNETISMULUI

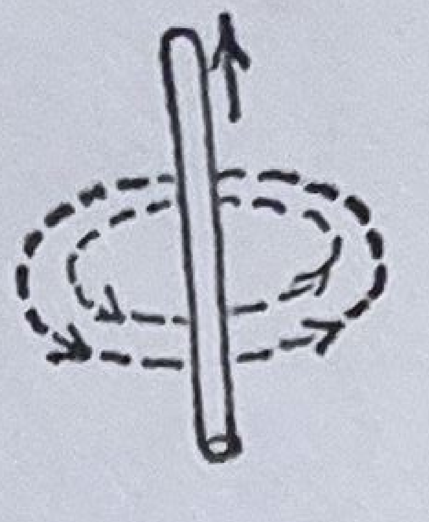
CURIOSUS : Am să-ți arăt acum că între electricitate și magnetism există o legătură și mai strînsă. Să luăm o pilă și să conectăm la polii ei un fir de rezistivitate destul de mare pentru a nu provoca un scurt circuit, dar care în schimb să permită trecerea unui curent destul de intens, necesar experienței pe care o efectuăm.

Iată, încep să apropii busola de partea verticală a conductorului. Să vedem ce se întîmplă ?



Datorită trecerii curentului electric, în jurul conductorului ia naștere un cîmp magnetic.

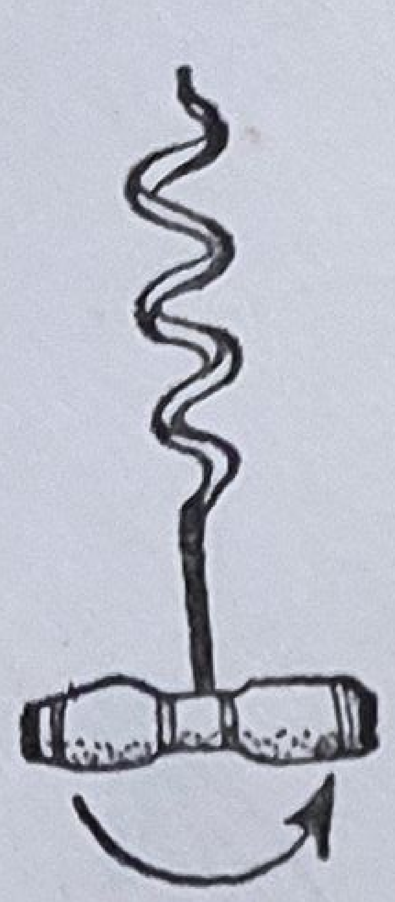
IGNOTUS : Constat că busola s-a mișcat ; ea nu mai este orientată spre polul nord. Pe măsură ce o deplasezi în jurul conducătorului, ea se rotește. Am impresia că magnetul busolei este orientat mereu în sensul unui cerc care are ca centru conductorul.



CURIOSUS : Lucrurile stau chiar așa cum spui. Și aceasta demonstrează că în jurul conductorului parcurs de curent ia naștere un cîmp magnetic ale cărui linii de forță formează niște cercuri concentrice, centrul lor fiind chiar conductorul.

IGNOTUS : Care este direcția acestor linii de forță ?

CURIOSUS : Marele pionier al electricității, savantul francez André Marie Ampère a găsit mijlocul foarte simplu pentru a determina direcția liniilor de forță, funcție de sensul curentului (sensul convențional al acestuia adică de la pozitiv la negativ).

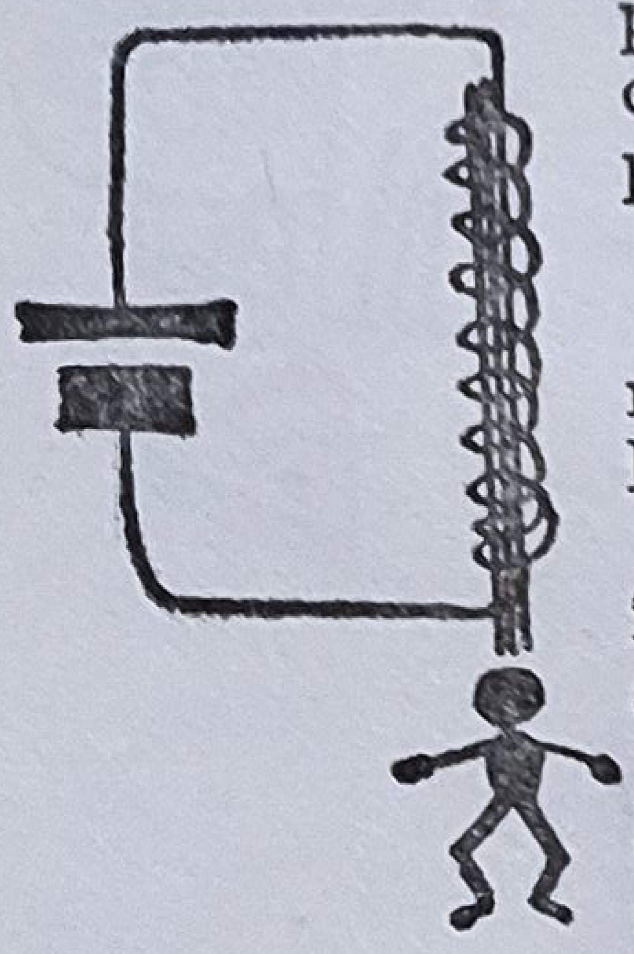


Dacă am lua un tirbușon și i-am plasa vîrful în sensul curentului, învîrtindu-l în sensul avansării pe direcția curentului, rotația sa corespunde direcției liniilor de forță ale cîmpului magnetic : sensul de rotație al tirbușonului corespunde direcției acestora.

SOLENOID. ELECTROMAGNET

IGNOTUS : Presupun că forța acestui cîmp depinde de intensitatea curentului care-i dă naștere.

CURIOSUS : Nu te înșeli. Astfel, pentru a crește forța cîmpului magnetic, fără însă a mări în același timp intensitatea curentului care-i dă naștere, am să pun în paralel mai multe porțiuni ale firului conductor.

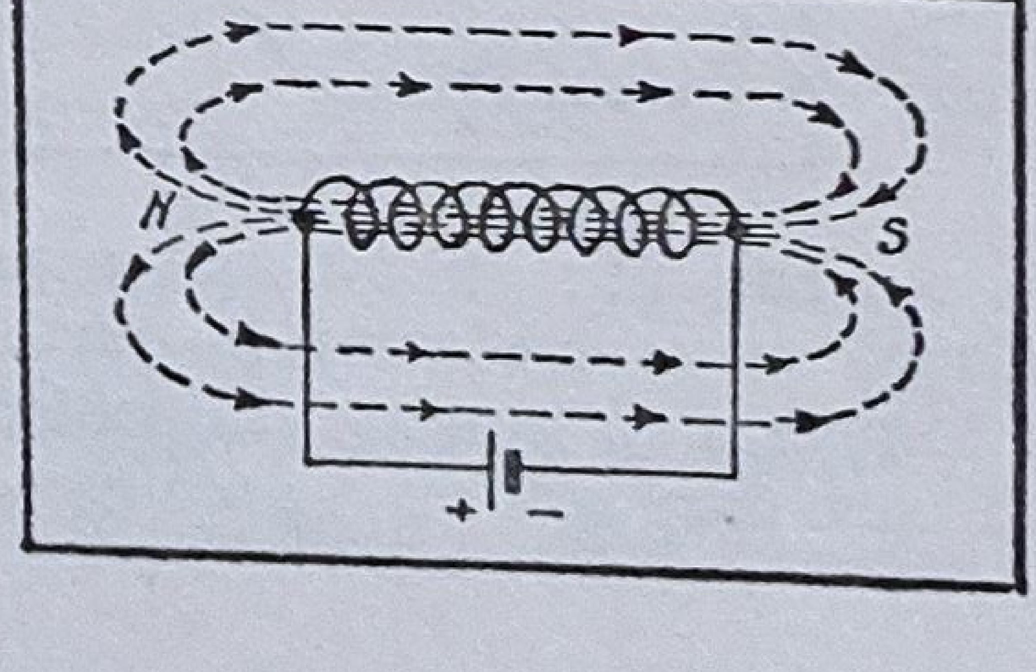


IGNOTUS : Nu prea văd cum poți realiza așa ceva.

CURIOSUS : Foarte simplu, voi da firului forma unei spirale cilindrice. Bobina astfel obținută poartă numele de solenoid.

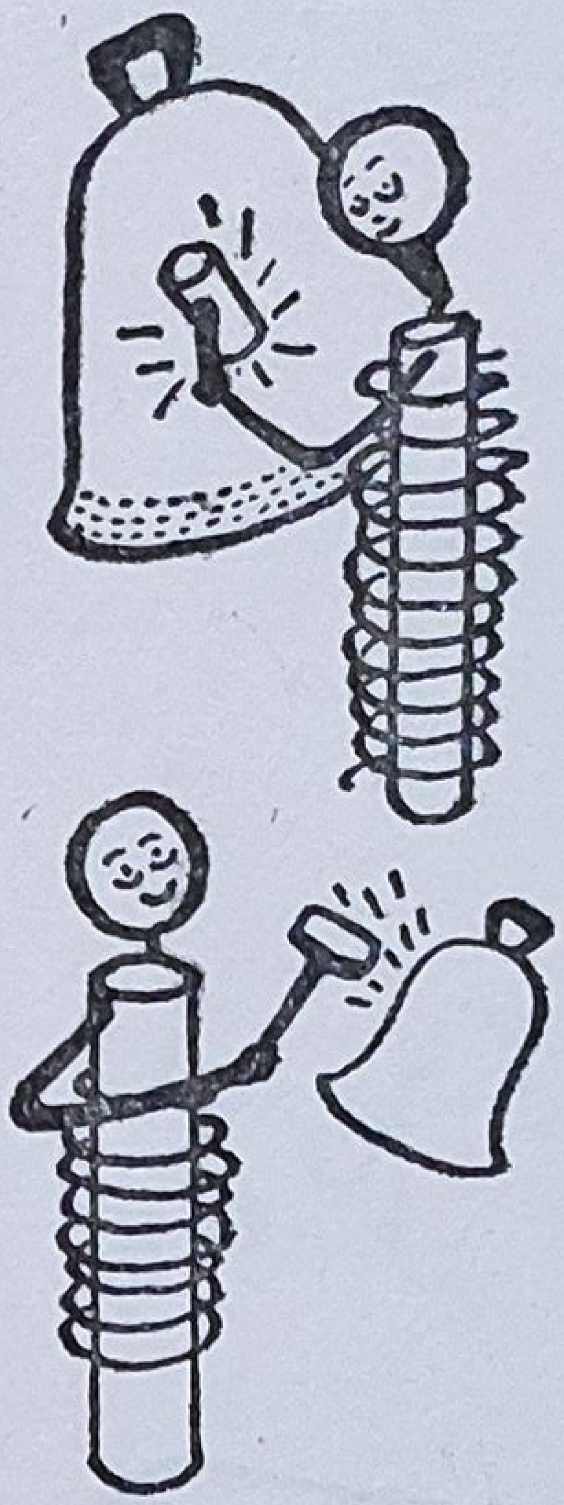
Cîmpurile magnetice care iau naștere datorită fiecărei spire în parte se adună între ele, în așa fel încît cîmpul întregului ansamblu are aceiași formă...

IGNOTUS : .....ca acelui obținut cu ajutorul unui magnet drept. De abia acum înțeleg ceea ce se numește un electromagnet. Am văzut lucrul acesta la unul din prietenii mei care

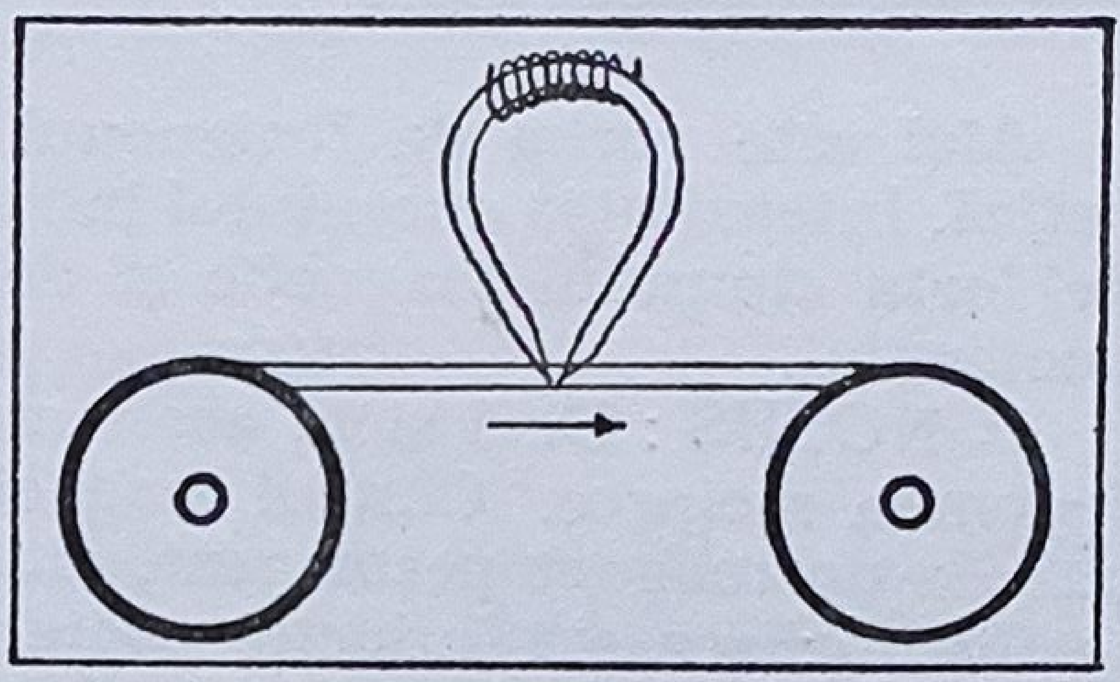


Cîmp magnetic produs de un curent ce trece prin solenoid (bobină).

se distra făcînd să sară o mică statuetă de fier. Pentru a realiza aceasta, el înfășurase pe o bucată de fier, un fir conductor. De fiecare dată ce prin conductor trecea un curent electric, fierul atrăgea statueta.



CURIOSUS : Țin să-ți spun că electromagneții au foarte multe aplicații. Și ca să-ți dau unele din cele mai des întîlnite, iată soneria electrică care-i utilizează pentru a face să vibreze un mic ciocănel, care lovește clopoțelul. Chiar și magnetofonul, care în momentul de față, înregistrează convorbirea noastră, conține un electromagnet parcurs de curentul modulat de sunetele vocilor noastre ; cîmpul său magnetic acționează asupra benzii ce este acoperită cu un strat foarte subțire de pudră de fier, pudră magnetizată variabil, datorită electromagnetului. Nu este însă momentul să-ți explic funcționarea magnetofonului.



La magnetofon, banda trece sub polii electromagnetului. Acesta este magnetizat de către curenții modulați produși de sunetele ce urmează a fi înregistrate.

OBȚINEREA CURENTULUI ELECTRIC

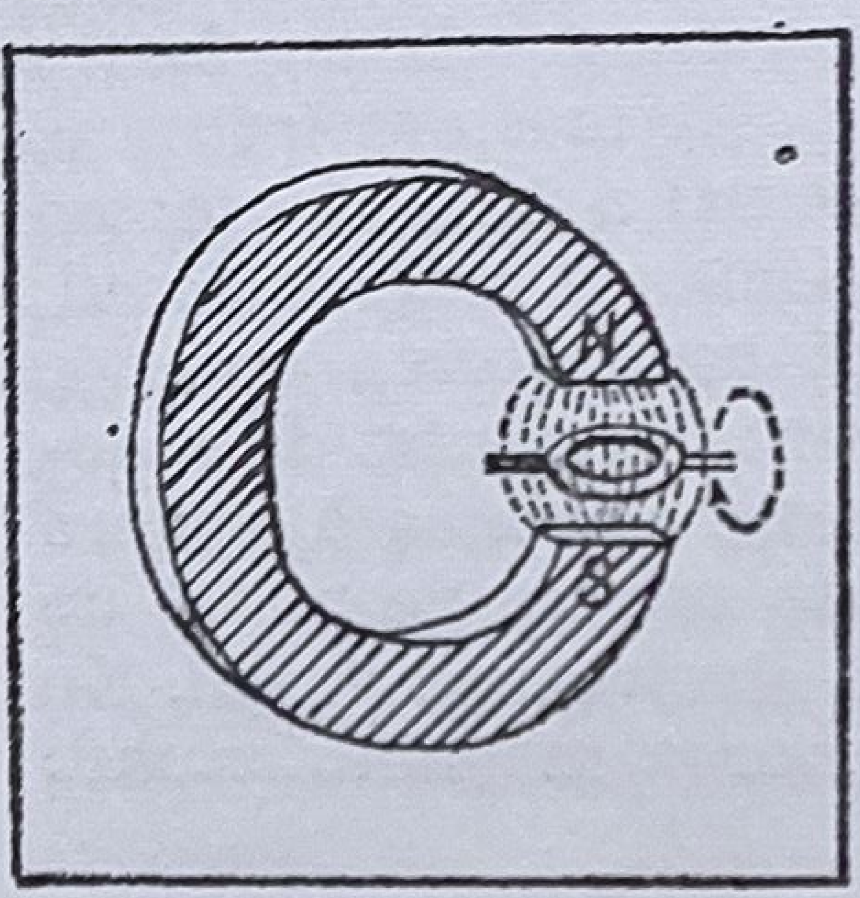
IGNOTUS : Există ceva ce mă preocupă. Unchiul tău mi-a spus că majoritatea fenomenelor fizice sînt reversibile. Pe de altă parte tu mi-ai explicat foarte clar modul în care curentul electric dă naștere unui cîmp magnetic. Te întreb acum dacă și inversul acestui fenomen este posibil ?

CURIOSUS : S-ar spune, dragă Ignotus că între noi doi există telepatie... Chiar acum mă gîndeam cum aș putea să-ți explic modul în care magneții și în general cîmpurile magnetice, dau naștere curenților electrici.

IGNOTUS : Presupun că dacă un conductor se găsește într-un cîmp magnetic, acest fapt va genera un curent.

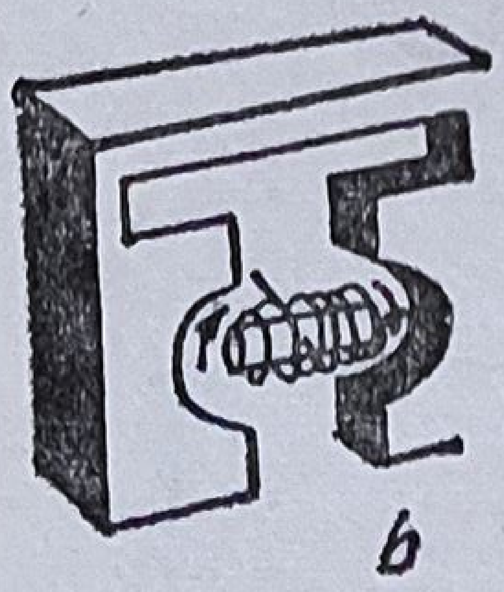
CURIOSUS : Nu, deoarece cîmpul magnetic prin el însuși nu reprezintă o sursă de energie. Dar în cazul în care un conductor se deplasează într-un cîmp magnetic, tăind prin această deplasare liniile de forță, deplasarea aceasta necesită o oare-

care cheltuială de energie mecanică, care se transformă în curent, în cazul în care conductorul respectiv face parte dintr-un circuit electric închis.



Prin rotirea unei spire conductoare într-un cîmp magnetic, în aceasta iau naştere curenţi electrici de inducţie.

Aici este vorba de fenomenul numit *inducţie* electromagnetică. Intensitatea curentului indus prin acest fenomen depinde de forţa cîmpului magnetic şi de viteza de deplasare a conductorului.



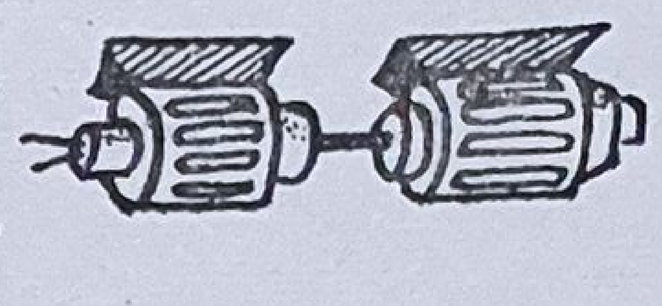
IGNOTUS : Deci şi în acest caz ne găsim în prezenţa unui fenomen reciproc. Cîmpul magnetic inductor poate fi generat atît de un magnet permanent, cît şi de un electromagnet. Dar te întreb : această inducţie poate fi aplicată practic în scopul producerii energiei electrice ?

CURIOSUS : Bineînţeles ! Toate generatoarele rotative care produc energie electrică se bazează pe acest fenomen de inducţie. Cel mai simplu mod de a o produce se va obţine prin plasarea unei bobine care se poate roti între polii unui magnet. Rotirea bobinei se face cu ajutorul unei maşini cu aburi sau a unui motor cu explozie sau chiar printr-o cădere de apă într-o turbină.

CURENT ALTERNATIV SAU CURENT CONTINUU

IGNOTUS : Dar toate acestea nu duc la nimic bun, deoarece pe o jumătate de rotaţie spirele vor tăia liniile de forţă ale cîmpului magnetic într-un sens, iar în cealaltă jumătate a rotaţiei, liniile de forţă vor fi tăiate în sens opus.

CURIOSUS : În aşa fel încît curentul indus în bobină va fi *alternativ*. Pe durata unei jumătăţi de rotaţie el va avea un

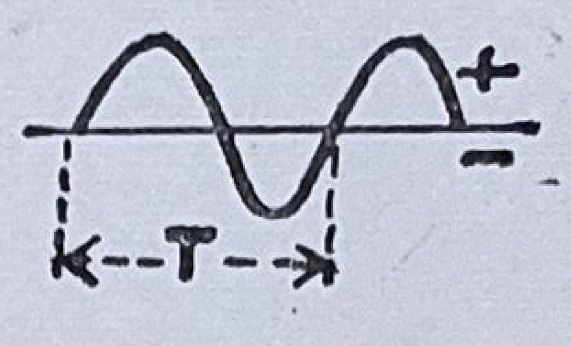


sens, iar pe durata celei de a doua jumătăţi va avea sens contrar.

Durata fiecărei rotaţii constituie *perioada* curentului. Fiecare perioadă se compune din două *alternanţe :* una pozitivă, cealaltă negativă. Numărul de perioade dintr-o secundă este denumit *frecvenţa* curentului alternativ.

IGNOTUS : Cred că curentul reţelei care posedă o frecvenţă de 50 de perioade pe secundă se obţine cu ajutorul unei turbine.

CURIOSUS : Da, Ignotus. O astfel de maşină se numeşte *alternator* sau *dinam*. Fără prea multe complicaţii, cu ajutorul unei astfel de maşini se poate obţine şi curent continuu. În acest scop trebuie ca tensiunea de ieşire să fie astfel captată, încît pe un conductor curentul să circule numai într-un sens, iar în al doilea conductor al circuitului electric închis, în sens contrar, astfel încît reţeaua exterioară alimentată de generator să fie alimentată cu un curent care să posede mereu acelaşi sens.



DINAM TRANSFORMAT ÎN MOTOR

IGNOTUS : Din nou mă gîndesc la principiul reciprocităţii fenomenelor fizice. Dacă în loc de a roti bobina, am injecta în ea curent alternativ, ea ar deveni un magnet ale cărui polarităţi se schimbă odată cu fiecare alternanţă. Găsindu-se într-un cîmp magnetic permanent, ea va începe să se rotească. Iată modul în care un generator de curent se transformă în motor electric.

N-am spus cumva o prostie ?

CURIOSUS : Nicidecum. Sînt fericit să constat că ai înţeles perfect explicaţiile mele şi în consecinţă ai făcut nişte deducţii perfect exacte.

Dar n-aş vrea să abuzez în continuare de forţele tale intelectuale. La viitoarea noastră întîlnire îţi propun să abordăm bazele radioului deoarece acum avem unele cunoştinţe fundamentale de electrotehnică.

Profesorul Radiol vorbește despre :

Inducție, inductanță sau reactanță inductivă

În toate domeniile electronicii, bobinele joacă un rol foarte important, fiind utilizate foarte frecvent și în cele mai diverse montaje. Ținînd seama de importanța acestor elemente pasive, profesorul Radiol le descrie caracteristicele, explicînd totodată funcționarea transformatoarelor cît și cea a diverselor aparate de măsură.

Nu, dragul meu Curiosus, nu sînt de loc de acord cu cele spuse de tine la sfîrșitul ultimei voastre convorbiri cu privire la studiul electricității. Crezi că ați parcurs toate noțiunile fundamentale de electrotehnică. Ei bine, nu cumva ai omis să explici fenomenul inducției și diversele sale aplicații ?

Lasă nu te necăji, le voi explica chiar eu și chiar acum.

DEDUCȚII ASUPRA INDUCȚIEI

Dragă Ignotus ai sesizat foarte ușor funcționarea unui dinam. În clipa în care o bobină începe să se rotească într-un cîmp magnetic, tăind liniile de forță ale acestuia, în bobină ia naștere un curent alternativ.

În scopul apariției acestuia nu este neapărat necesar să rotești bobina. Chiar în cazul în care ea este imobilă, curentul alternativ apare tot atît de bine prin realizarea variației cîmpului magnetic care o traversează.

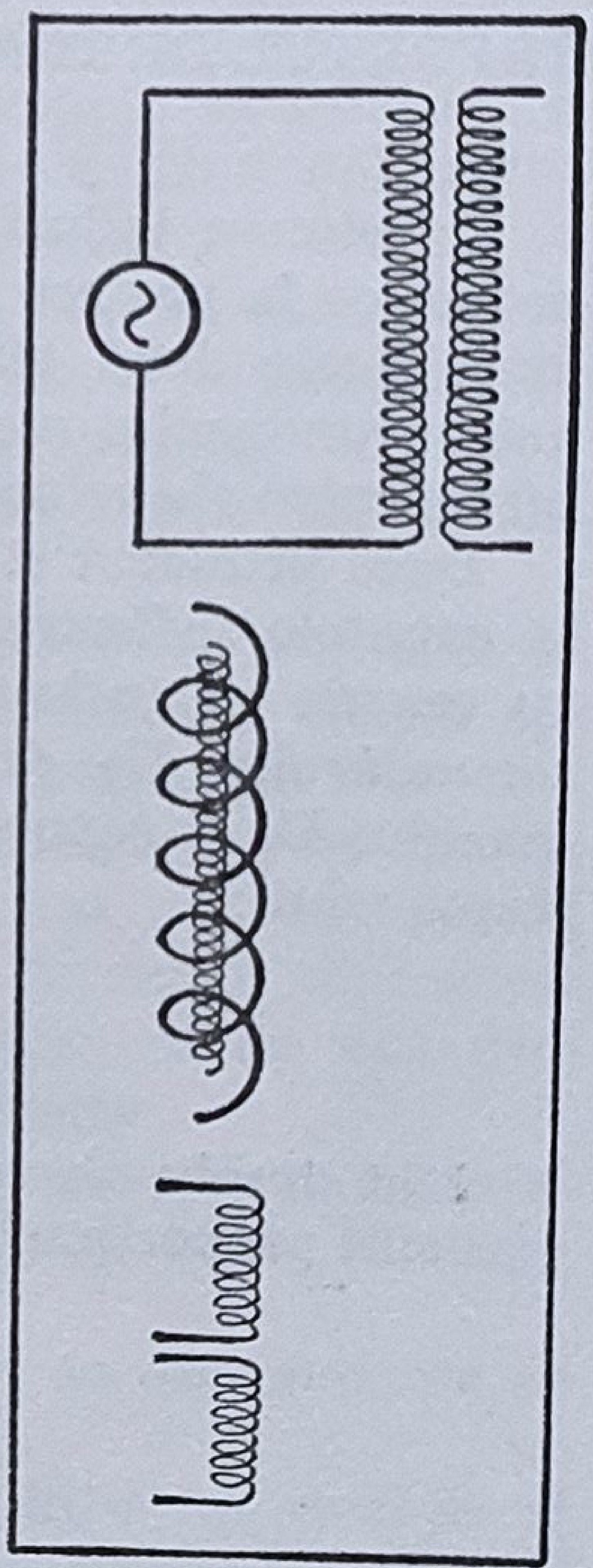
Dar se pune problema, în ce mod urmează să varieze acest cîmp, încît variația sa să fie completă adică să ducă practic la inversarea liniilor de forță ?

Cred că îți aud vocea, dragă Ignotus, și încă pentru a-mi da răspunsul corect. Da, pentru ca un cîmp magnetic să-și schimbe

încontinuu sensul, există un mijloc foarte simplu : să-i dăm naștere sau să-l generăm cu ajutorul unei bobine parcursă de curent alternativ. Pentru fiecare alternanță a curentului, se inversează sensul liniilor cîmpului magnetic. Rezultatul este că în cea de a doua bobină situată în acest cîmp magnetic variabil ia naștere un curent alternativ.

Acest fenomen poartă numele de *inducție*.

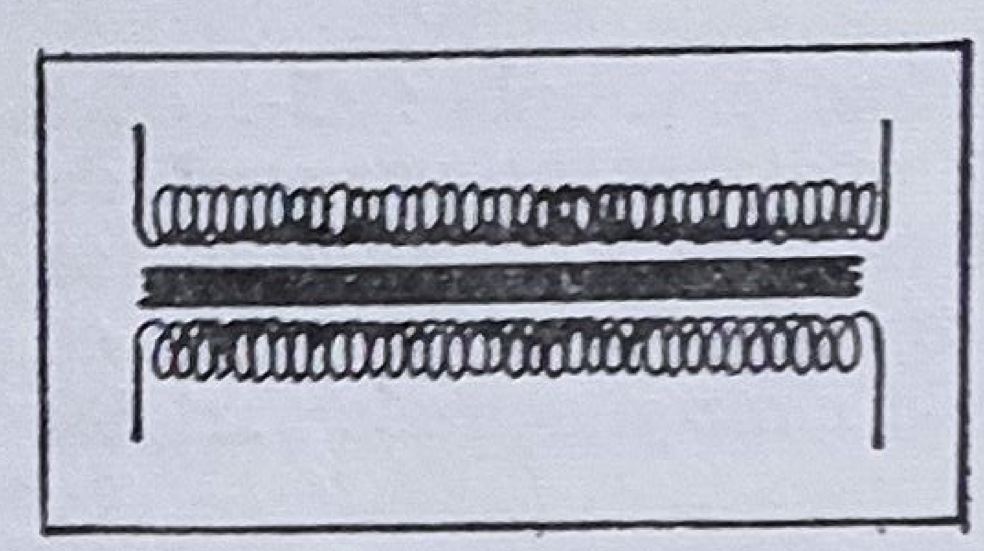
În plus bobinajul în care ia naștere curentul indus, trebuie să fie plasat coaxial cu cel al bobinajului inductor. În general cele două înfășurări se bobinează una deasupra celeilalte. Ansamblul acestor două bobine se numește *transformator*.



O bobină parcursă de curent alternativ induce tot curent alternativ într-o altă bobină plasată în cîmpul său magnetic. În acest scop înfășurarea în care se induce curentul este realizată peste înfășurarea care induce, sau în imediata sa apropiere.

Bobinajul inductor se numește *primar*, iar cel în care ia naștere curentul indus se numește *secundarul* transformatorului.

Cînd se utilizează curenți de frecvență relativ joasă, transformatoarele se realizează cu miez de fier moale, miez ce mărește intensitatea cîmpului magnetic, deoarece liniile de forță



Simbolul unui transformator cu miez magnetic.

ale acestuia trec mult mai uşor prin fier decît prin aer. Introducerea miezului de fier realizează concentrarea liniilor magnetice.

RAPORTUL DE TRANSFORMARE

Tensiunea indusă în secundar depinde de tensiunea alternativă ce ia naştere între cele două capete ale înfăşurării primare : cele două tensiuni sînt proporţionale. În plus tensiunea secundarului mai este determinată şi de raportul numărului de spire ale celor două înfăşurări.

Dacă primarul şi secundarul posedă acelaşi număr de spire, la capetele înfăşurării secundare ia naştere o tensiune egală cu cea de pe înfăşurarea primară. În general însă, tensiunea secundarului, U_2, este egală cu produsul dintre tensiunea primarului U_1 şi raportul numărului de spire ale secundarului şi primarului :

$$U_2 = U_1 \frac{n_2}{n_1}$$

Mai simplu s-ar enunţa astfel : tensiunile celor două înfăşurări sînt proporţionale cu numărul lor de spire :

$$\frac{U_2}{U_1} = \frac{n_2}{n_1}$$

ACŢIUNE ASUPRA SA ÎNSĂŞI

Simt că în capul vostru ia naştere o întrebare : cărui fapt se datorează tensiunea din primar ?

Ei bine aci este vorba de o cădere de tensiune datorită nu unei rezistenţe ohmice a înfăşurării, care în general are o va-

loare foarte mică, ci a rezistenței sale inductive sau după cum mai este denumită, *inductanței* sale.

Această inductanță este efectul fenomenului de *auto-inducție* care apare în fiecare înfășurare sau bobină parcursă de curent alternativ. Să vedem despre ce este vorba.

V-am explicat mai sus felul în care curentul alternativ ce parcurge înfășurarea primară induce un alt curent, tot alternativ, în înfășurarea secundarului, prin generarea unui cîmp magnetic variabil. Dar în spațiul în care există acest cîmp magnetic variabil mai există un alt bobinaj : este chiar înfășurarea primarului însuși !

De aceea, aflați și nu fiți surprinși de faptul că această înfășurare primară induce curent alternativ nu numai în secundar, ci chiar și în primar, adică în propria sa înfășurare.

Tot ce v-am spus nu este nimic deosebit. Cînd noi înșine vorbim sau strigăm la altă persoană, ne auzim perfect.

Rezistența mare a bobinei se datorează acestui fenomen de auto-inducție deoarece alternanțele curentului alternativ indus, nu coincid cu alternanțele curentului inductor : curentul indus este decalat față de primul, sau după cum se mai spune este *defazat* față de acesta.

Valoarea sa este proporțională cu frecvența curentului și cu *coeficientul de autoinducție* al înfășurării. Această ultimă caracteristică depinde numai de geometria înfășurării : de numărul de spire, de diametrul lor și de dispunerea lor în spațiu. Cu cît numărul lor este mai mare și ele sînt mai strînse, cu atît cîmpul magnetic, pe care-l generează curentul, acționează mai puternic asupra înfășurării și prin urmare cu atît este mai mare valoarea coeficientului de autoinducție.

Coeficientul de autoinducție este proporțional cu patratul numărului de spire. Dublați acest număr și veți vedea că coeficientul se mărește de patru ori.

Unitatea de măsură pentru coeficientul de autoinducție se numește henry, iar simbolul acestuia este H.

În consecință inductanța Z (exprimată în ohmi, deci ca și rezistența) este proporțională cu produsul dintre frecvența f și coeficientul de autoinducție, L. Formula ce exprimă această relație este :

$$Z = 2\pi f L$$

unde : $\pi = 3{,}14$, această constantă fiind după cum știți raportul dintre circumferință și diametrul său.

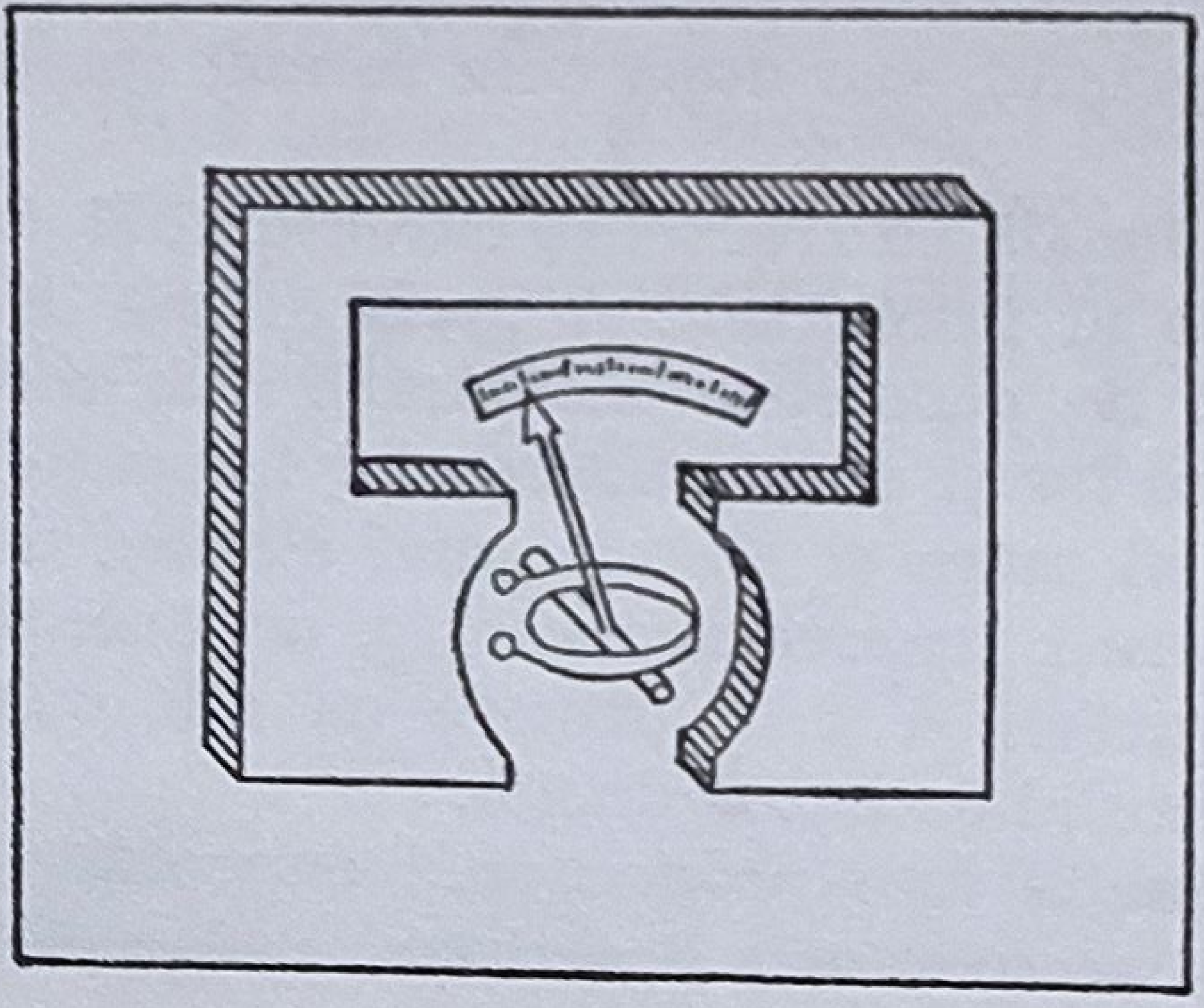
DIN CE SE COMPUNE UN GALVANOMETRU

Deoarece tot studiem diversele aspecte ale electrotehnicii, legate de altfel foarte îndeaproape de magnetism, voi reveni asupra aplicațiilor acestui ansamblu compus dintr-un magnet între polii căruia s-a introdus o bobină care se poate roti.

Am văzut că dacă rotim bobina în ea se generează un curent alternativ ; este rolul dinamului.

Invers, dacă bobina este parcursă de curent alternativ, ea va începe să se rotească. Acesta este modul de funcționare al motorului electric.

Să presupunem acum că bobina respectivă este suspendată de un fir elastic, fixată însă de suportul său în două puncte : unul în față, celălalt în spate. În aceste condiții bobina nu poate efectua rotații complete, deoarece această mișcare nu-i este permisă de firele elastice de care este suspendată. În consecință bobina nu mai este un motor.



Într-un galvanometru, bobina parcursă de curentul ce urmează a fi măsurat este plasată în cîmpul unui electromagnet. Bobina se poate roti în jurul unei axe orizontale.

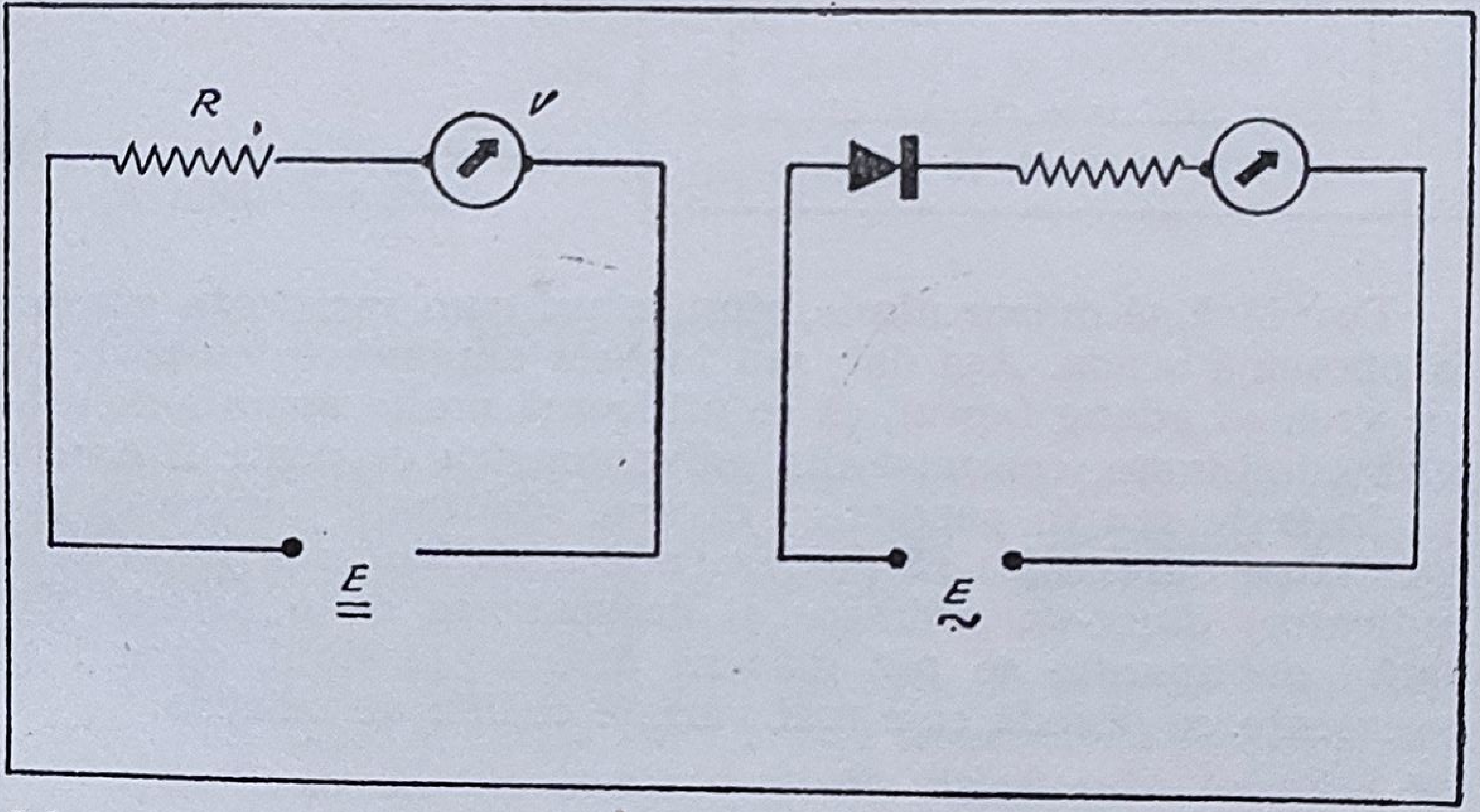
Să presupunem totuși că prin bobină va trece un curent continuu. Bobina se va magnetiza și va tinde să se rotească. Funcție de elasticitatea firelor de care este suspendată — lucru foarte important de altfel — și de intensitatea curentului care o parcurge, unghiul de rotație va fi mai mic sau mai mare.

Ei bine îmi închipui că cele descrise mai sus constituie un mijloc minunat pentru măsurarea intensității curentului. În acest scop pe axul bobinei se fixează un ac indicator, iar în spatele acestuia un cadran gradat. Am realizat astfel un *galvanometru*.

În cazul în care cadranul este gradat în amperi, aparatul se numește *ampermetru*. Pentru curenți de intensități foarte mici se utilizează *miliampermetrul.*

APARATE DE MĂSURĂ

Tot pe același principiu se realizează de altfel și aparatele pentru măsurarea tensiunii. În acest scop, în serie cu bobina se conectează o rezistență *R*. Conectînd acest ansamblu între cele două puncte între care urmează să măsurăm tensiunea, prin galvanometrul nostru va trece un curent a cărui intensitate, conform legii lui Ohm, este egală cu raportul dintre tensiune și suma rezistențelor ohmice *R* și cea a bobinajului.



Schema unui voltmetru pentru măsurarea tensiunii continue *(stînga)*. Schema unui voltmetru, care datorită redresorului, poate măsura tensiuni alternative *(dreapta)*.

În acest caz cadranul este etalonat direct în volți, milivolți sau microvolți, în așa fel încît vom avea de a face cu un *voltmetru, milivoltmetru* sau respectiv *microvoltmetru*.

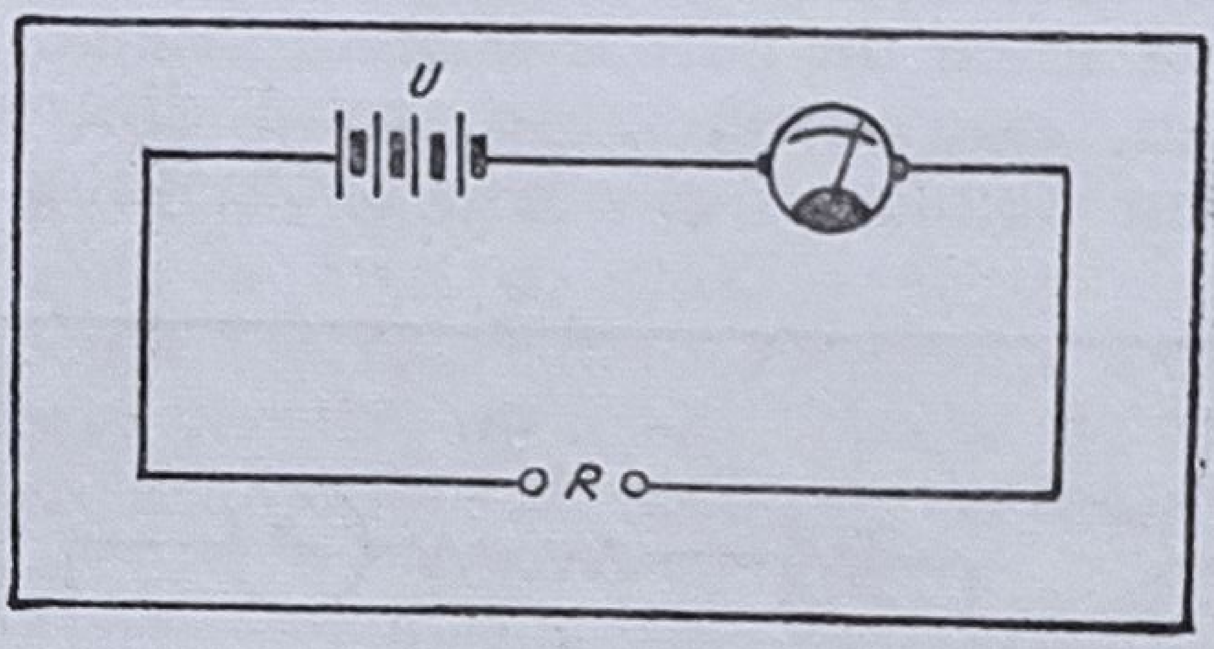
Galvanometrul permite deasemenea măsurarea curenților sau tensiunilor alternative. În acest scop, el conține un redresor, care redresează sau convertește curentul alternativ în curent continuu. Principiul redresorului îl voi explica însă cu altă ocazie.

Dar n-am terminat încă expunerea. Pînă acum v-am explicat modul în care se măsoară tensiunile și curenții. Dar,

dragă Ignotus, ai să te întrebi probabil, cum poate fi măsurată cea de a treia mărime pe care o conţine legea lui Ohm şi anume rezistenţa.

Nimic mai simplu. În acest caz galvanometrul trebuie să conţină şi o baterie a cărei tensiune trebuie să fie constantă şi cunoscută, conectată în serie cu bobina mobilă.

Conectînd acest ansamblu la o rezistenţă, prin bobina mobilă va trece un curent a cărui intensitate va fi invers proporţională cu rezistenţa măsurată. Cadranul galvanometrului poate fi etalonat direct în ohmi, realizîndu-se astfel un *ohmmetru*.



Schema unui ohmetru, ce măsoară rezistenţa *R*.

Dar fără să măsor nimic, simt totuşi cum rezistenţa voastră la oboseală scade. Aşa dar, voi încheia expunerea, cu toate că aşi vrea să adaug faptul, că se utilizează multe aparate de măsură combinate, compuse din galvanometru ce poate fi conectat în serie sau în paralel cu diverse rezistenţe (pentru ca intensitatea curentului să devieze mai mult sau mai puţin acul indicator) dintr-un redresor şi deasemenea cu o baterie. Cu astfel de aparate se pot măsura diverse tensiuni, curenţi şi rezistenţe ce posedă cele mai variate ordine de mărime.

Convorbirea a 4-a

Capacitate și reactanță capacitivă

În acest capitol prietenii noștrii studiază comportarea cu totul deosebită a condensatoarelor conectate fie la surse de tensiune continuă, fie la surse de tensiune alternativă. Ei examinează și condensatoarele fixe, ajustabile și variabile. În încheiere, ei stabilesc formula reactanței capacitive funcție de valoarea capacității și de frecvență.

SARCINA UNUI CONDUCTOR

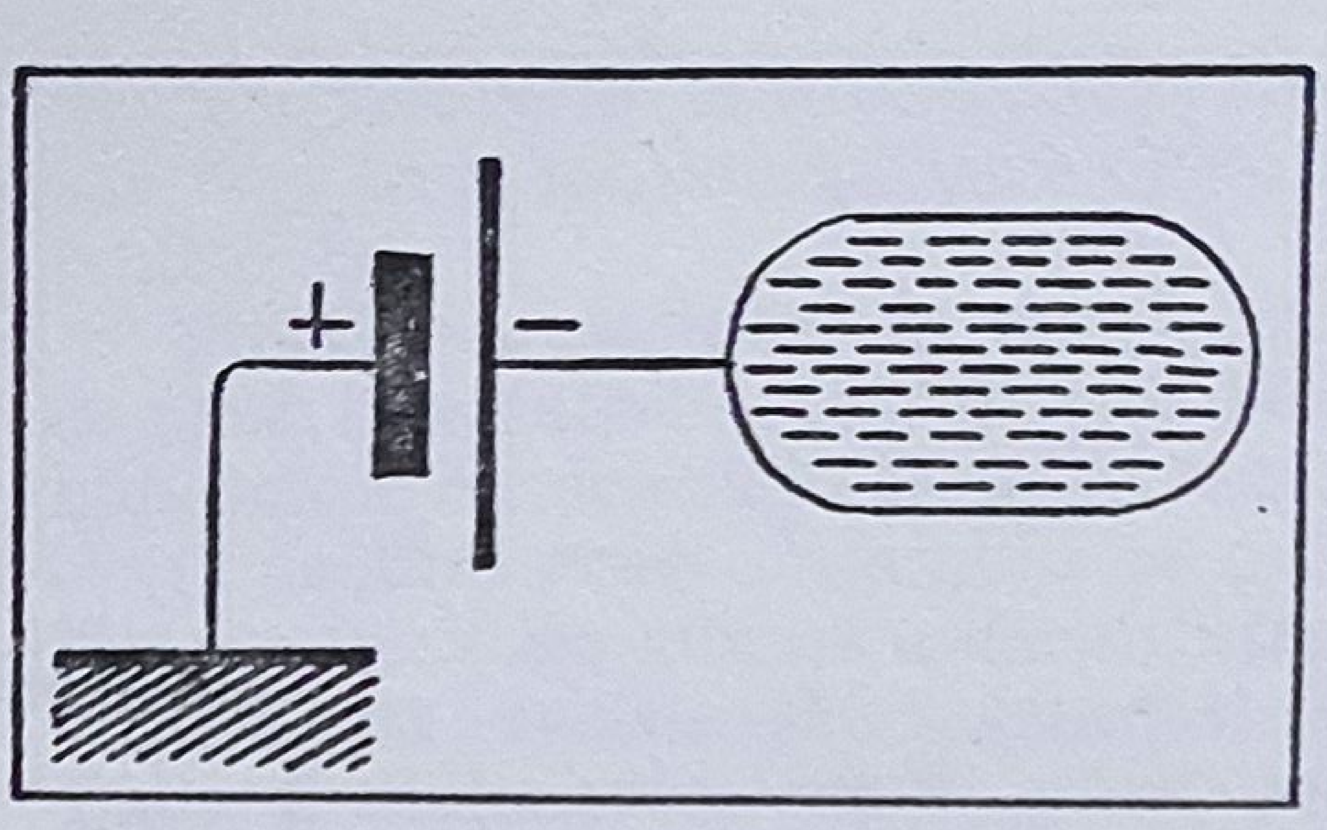
CURIOSUS : În ultima noastră convorbire am discutat despre magnetism. Unchiul meu Radiol a mai vorbit de asemenea despre caracteristicile și aplicațiile acestuia. Să revenim acum la studiul cîmpurilor electrice.

IGNOTUS : Îmi închipui că de data aceasta va fi mult mai ușor dată fiind analogia care există între electricitate și magnetism. În aceste două domenii ale fizicii este valabilă acea lege prin care sarcinile de același fel se resping, iar cele de sens contrar se atrag. Forțele de atracție sau respingere, astfel creiate, sînt în ambele cazuri invers proporționale cu distanța.

CURIOSUS : Memoria ta excelentă îmi ușurează foarte mult expunerea pe care mi-am propus să ți-o fac cu privire la *capacitate*. Capacitatea se numește însușirea unui conductor de a conține sau a acumula o sarcină electrică pozitivă sau negativă.



Poți să deduci ușor că această sarcină depinde esențial de forma și dimensiunile conductorului. Valoarea capacității se definește prin raportul dintre sarcina electrică și potențialul care a generat-o. Bineînțeles că cu cît potențialul va fi mai mare, cu atît el va încărca mai mult conductorul dat.

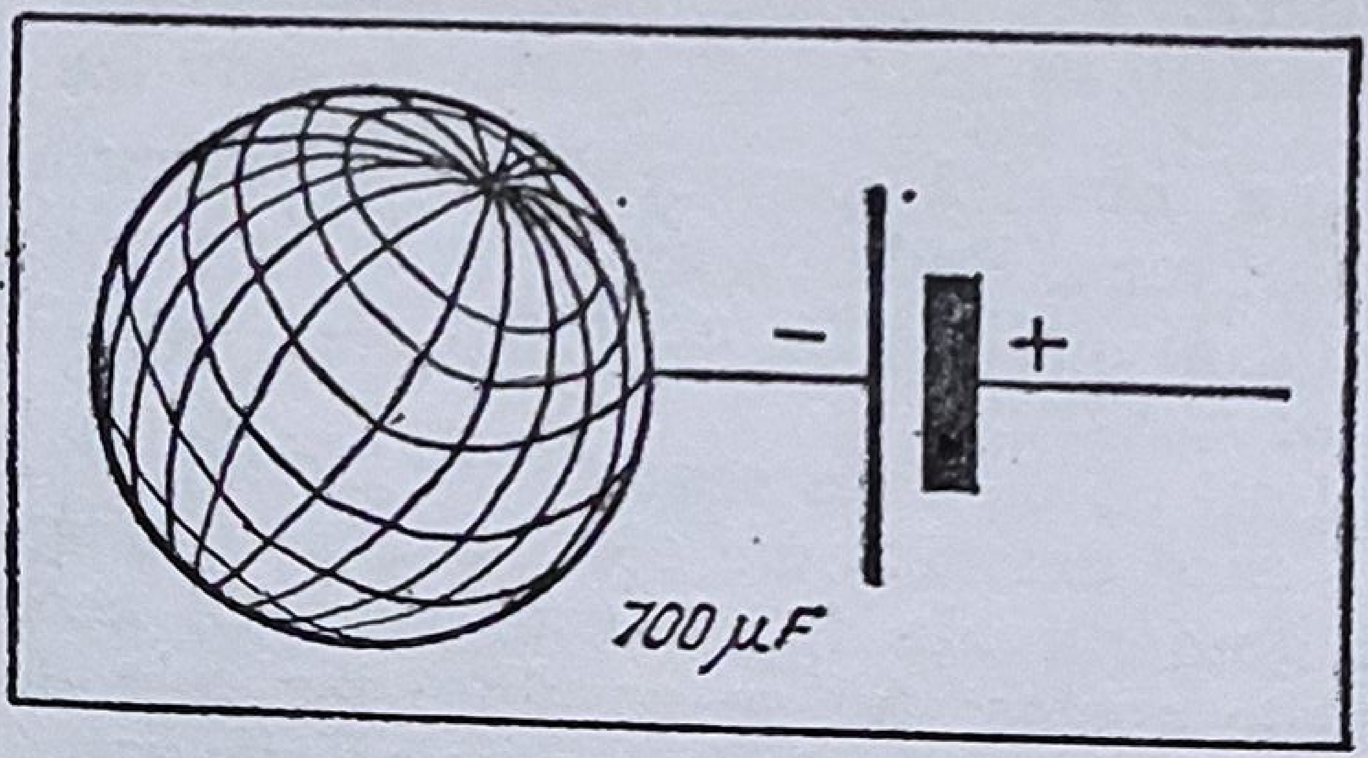


Capacitatea unui conductor îi permite acestuia stocarea sarcinilor negative.

IGNOTUS : Care este unitatea de capacitate ?

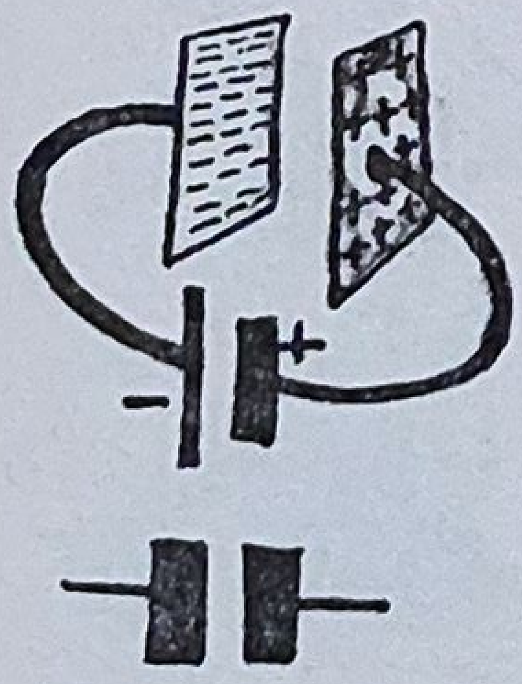
CURIOSUS : Unitatea de capacitate este *faradul*. Ea reprezintă capacitatea unui conductor, căruia aplicîndu-i-se potențialul de 1 volt timp de o secundă, primește o energie electrică egală cu 1 watt. Este după cum se vede o valoare foarte mare. În general se utilizează sub-multiplii și mai ales milionimea de farad, sau microfaradul. Simbolul unității este F ; în consecință cel al microfaradului este μF, iar pentru milioana parte din microfarad se utilizează simbolul pF sau μμF.

IGNOTUS : Care va fi deci capacitatea unei sfere conductoare de dimensiunea unui măr ?



Capacitatea unui conductor sferic de dimensiunile globului terestru are o valoare de numai 700 μF.

CURIOSUS : Foarte mică. Și ca să-ți dau un exemplu, închipuie-ți o sferă conductoare de dimensiunile pămîntului. Capacitatea sa este numai de 700 μF.



NAȘTEREA UNUI CONDENSATOR

IGNOTUS : Constat că valoarea capacității este ceva atît de infim încît îmi închipui că rolul jucat de ea în electronică este și el foarte mic.



CURIOSUS : Te înşeli, dragă prietene. Există însă un mod foarte uşor de realizat prin care valoarea capacităţii se poate mări foarte mult, sau mai precis un mod pentru condensarea capacităţii.

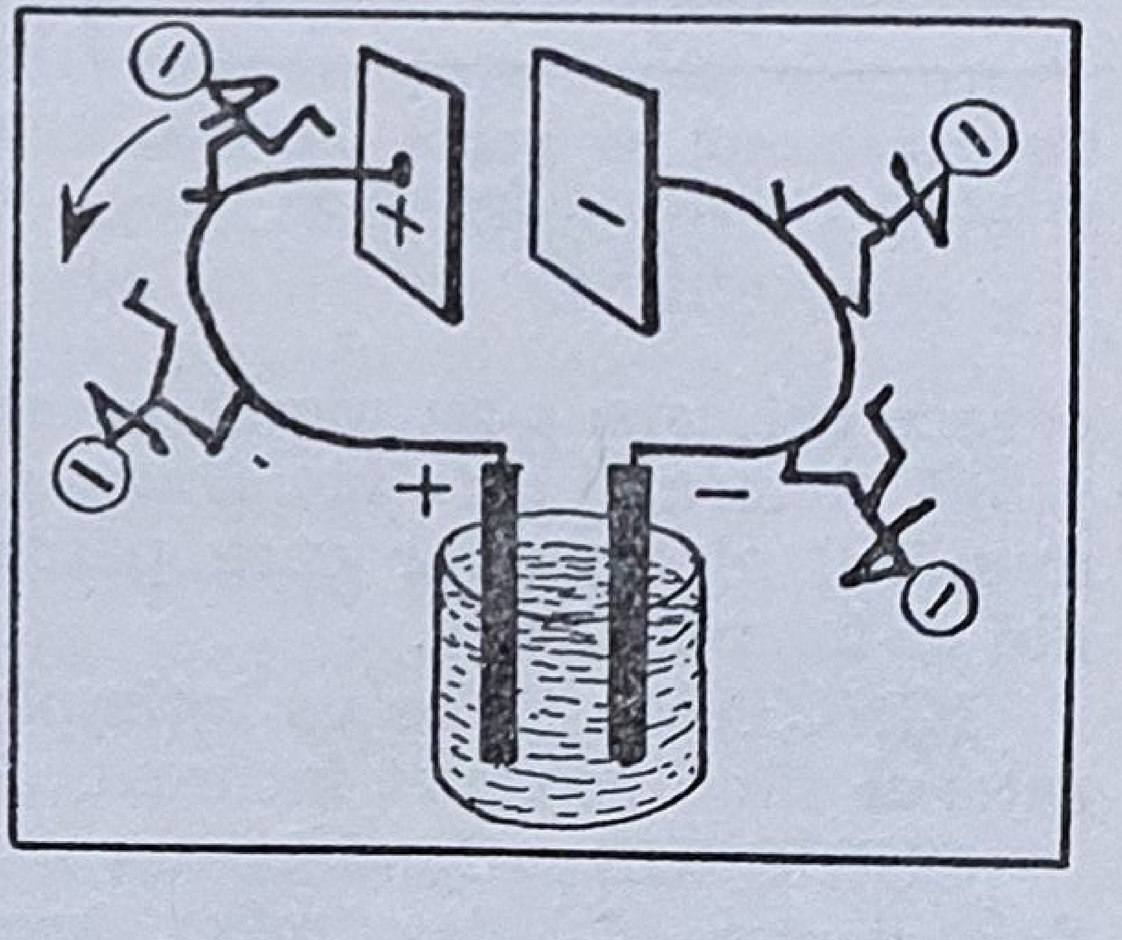
IGNOTUS : Nu prea văd cum se pot realiza toate acestea fără să mărim dimensiunile conductorului.

CURIOSUS : Foarte simplu. Se ia un conductor încărcat cu o sarcină opusă celei pe care o posedă primul conductor şi se apropie cele două corpuri cu singura şi cea mai importantă condiţie de a nu le atinge. Să vedem ce se întîmplă. Asupra sarcinilor de semn opus se exercită o forţă de atracţie şi în felul acesta valoarea sarcinii electrice creşte.

IGNOTUS : Grozavă idee ! Dar în realitate cum se procedează ?

CURIOSUS : Cele două conductoare apropiate formează *condensatorul*, fiecare dintre ele fiind o *armătură*. Să ne închipuim, de exemplu, două plăci conductoare de formă patrată dispuse paralel una în faţa celeilalte. Aceste două plăci (care nu se ating) se conectează fiecare la unul din polii unei baterii sau a oricărei alte surse de tensiune. Ce se întîmplă ?



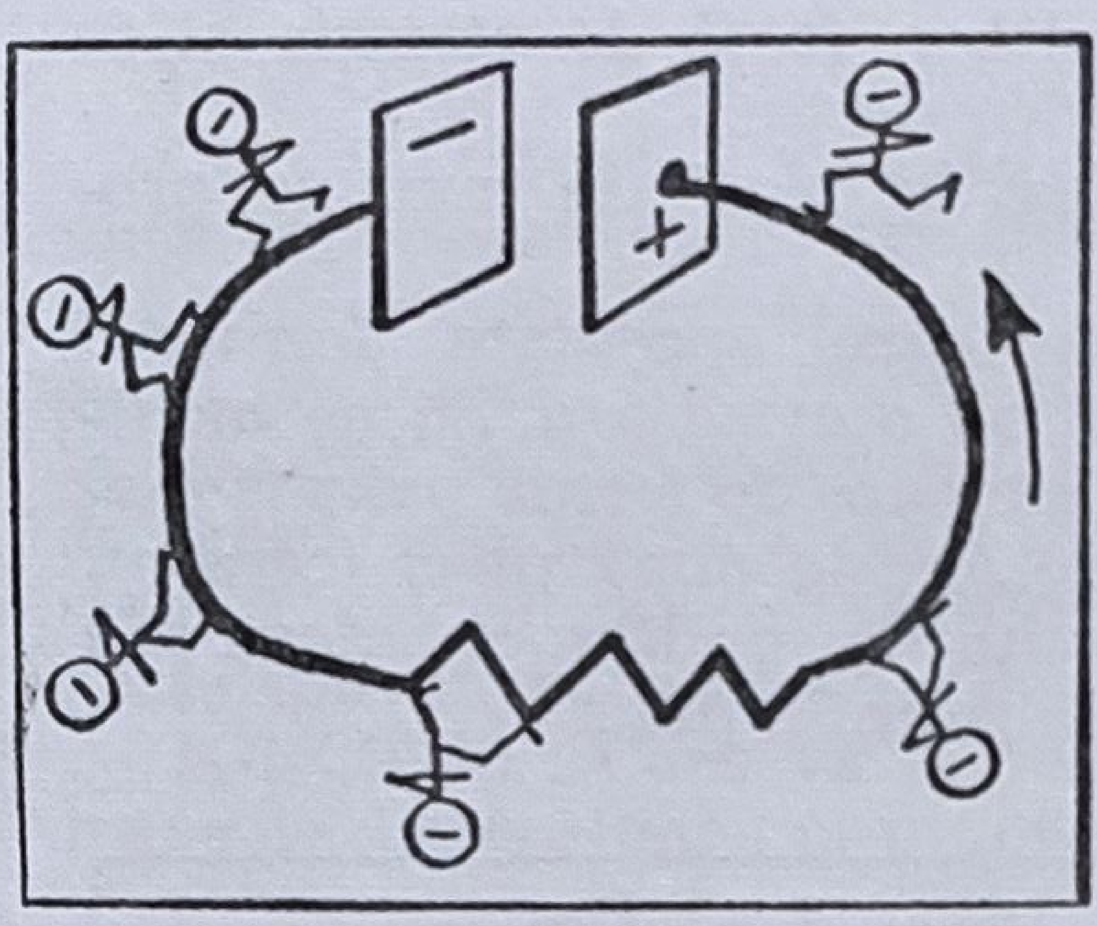


Prin conectarea unui condensator la o pilă electrică, armătura conectată la polul negativ se încarcă cu electroni, iar cea legată la polul pozitiv îi pierde.

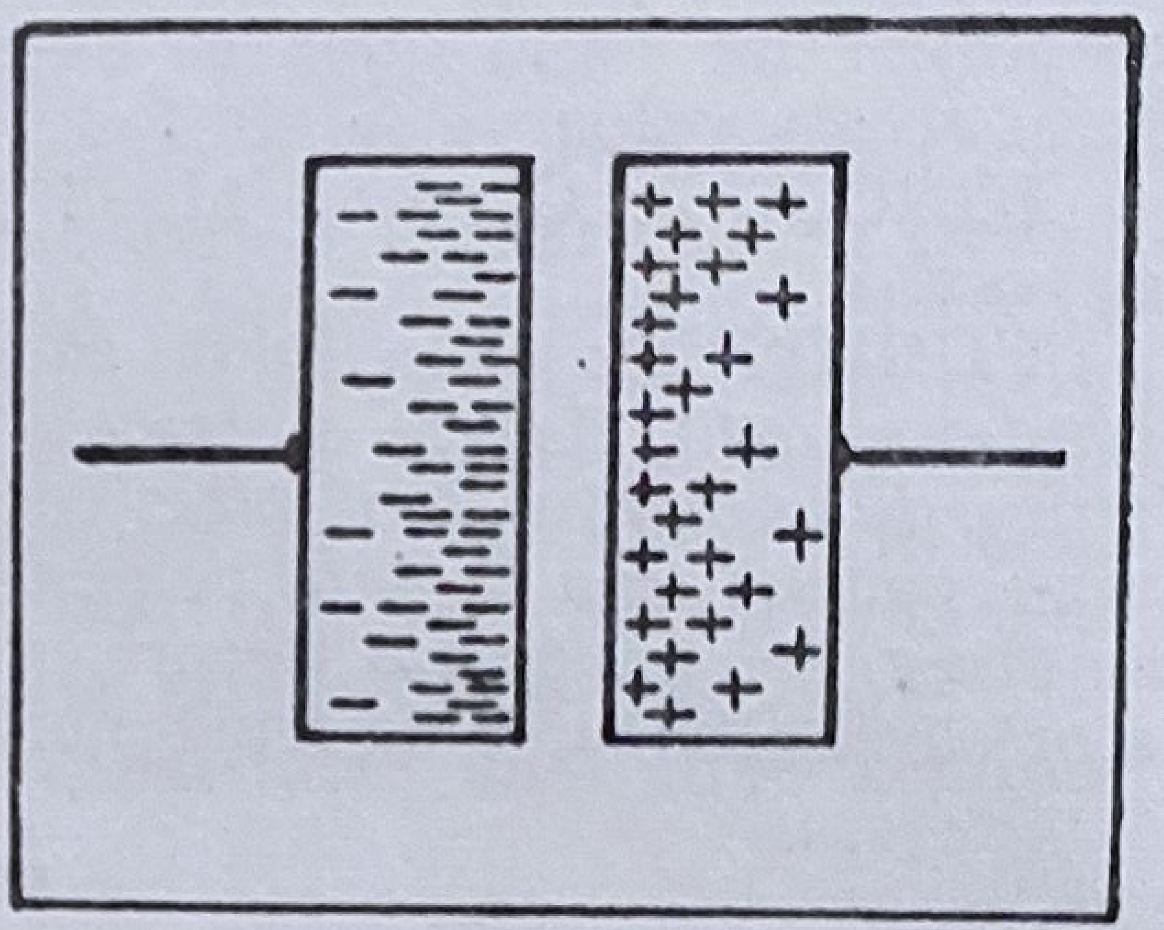
IGNOTUS : Îmi închipui că din spre polul negativ al bateriei electronii vor goni spre armătura de care este legat acesta, încărcînd-o negativ. Această sarcină negativă va respinge toţi electronii de pe armătura ce se află în faţa ei. Electronii pe care-i conţine aceasta se vor îndrepta spre polul pozitiv al bateriei, de care de altfel este legată şi care-i atrage. Foarte curios fenomen ! Am putea spune că prin tot ansamblul circulă un curent adevărat, exact ca şi în cazul în care la polii bateriei ar fi legat un conductor neîntrerupt. În cazul nostru însă circuitul electric este deschis, deoarece armăturile condensatorului sînt izolate una de cealaltă.

ÎNCĂRCARE ŞI DESCĂRCARE

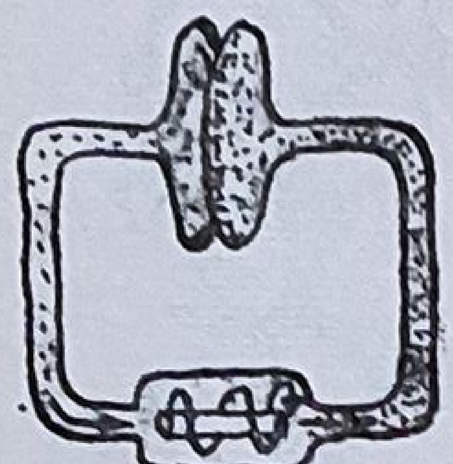
CURIOSUS : În cele expuse de tine, ai descris perfect *curentul de încărcare*, curent a cărui circulaţie se întrerupe odată cu încărcarea condensatorului. La începutul încărcării intensitatea sa este foarte mare. Dar odată cu creşterea sarcinii electrice pe armături, viteza de circulaţie a electronilor scade, de-

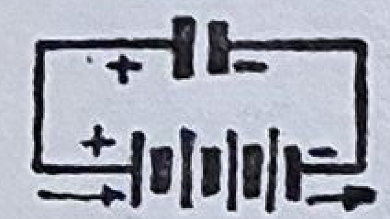


Condensatorul se poate descărca printr-o rezistenţă legată la bornele lui.



Repartizarea sarcinilor electrice pe armăturile condensatorului.







oarece cei care s-au plasat pe armătura negativă încep să respingă electronii care vin dinspre polul negativ. Pe de altă parte, numărul electronilor care părăsesc armătura pozitivă devine din ce în ce mai mic.

IGNOTUS : Ce se va întîmpla în momentul în care condensatorul fiind complet încărcat, deconectăm bateria ?

CURIOSUS : Condensatorul rămîne încărcat. Dar putem, dacă dorim, să-l *descărcăm*. Acest lucru se realizează prin conectarea celor două armături la capetele unei rezistenţe sau pur şi simplu legînd cele două armături printr-un fir conductor. Electronii în exces de pe una din armături vor trece spre cealaltă pînă la stabilirea echilibrului electric între cele două plăci.

IGNOTUS : Mă întreb dacă nu putem compara condensatorul cu două rezervoare separate printr-o membrană din cauciuc elastic. Dacă cu ajutorul unei pompe mărim presiunea într-unul şi o micşorăm în celălalt, aceasta ar corespunde cu încărcarea unui condensator. Oprim pompa în momentul în care diferenţa presiunilor între cele două rezervoare atinge o

anumită limită care depinde de dimensiunile rezervoarelor şi de elasticitatea membranei. Această fază corespunde condensatorului încărcat. Pot face o astfel de comparaţie ?

CURIOSUS : În linii mari să zicem că poţi. Totuşi mai există un detaliu prin care lucrurile diferă. În fiecare din rezervoarele tale presiunea este aceiaşi în toate punctele. Pe armăturile unui condensator, însă, densitatea sarcinilor electrice nu este uniformă. În porţiunile mai apropiate de armătura opusă densitatea sarcinilor electrice este mult mai mare. Faptul se explică prin aceea că în electricitate nu contează numai influenţa polului bateriei la care este conectată armătura, ci şi atracţia datorită sarcinilor opuse ca semn. În timp ce la rezervoarele reale contează numai forţa de împingere a pompei.

VALOAREA CAPACITĂŢII

IGNOTUS : Explică-mi, te rog, ce anume determină valoarea capacităţii ? Aci nu mai este vorba de un conductor izolat a cărui capacitate este foarte mică. În exemplul nostru forţa de atracţie singură asigură creşterea numărului sarcinilor pe care poate să-l cuprindă armăturile.

CURIOSUS : Foarte exact. Şi acum poţi înţelege uşor că valoarea capacităţii este cu atît mai mare cu cît suprafeţele armăturilor devin mai mari. În plus, ţinîndu-se seama de forţa de atracţie poţi raţiona şi singur : cu cît armăturile sînt mai apropiate cu atît capacitatea condensatorului creşte.

IGNOTUS : De fapt valoarea capacităţii este proporţională cu suprafaţa armăturilor şi invers proporţională cu distanţa dintre ele. Din nou sîntem în prezenţa unei relaţii pur geometrice.

CURIOSUS : Nu-i chiar aşa, dragă Ignotus. Există şi un al treilea factor care intră în joc. Comparaţia pe care ai făcut-o cu rezervoarele îţi va ajuta mult să-i înţelegi rolul. În cazul rezervoarelor, în afară de volumul şi grosimea membranei, trebuie să se ţină seama şi de elasticitatea şi de materialul din care este realizată aceasta.

Ei bine, în cazul condensatoarelor, un factor foarte important este şi natura *dielectricului* care separă cele două armături. Acest termen se aplică tuturor corpurilor izolante. Dacă dielectricul este chiar aerul, constanta dielectrică, adică factorul care intră în calculul capacităţii, este egal cu 1. Dar dacă în loc de aer, în spaţiul dintre armături se introduce un alt corp izolant, de exemplu mică, valoarea capacităţii condensatoru-

lui crește de 8 ori, deoarece constanta dielectrică a acesteia este egală cu 8.

IGNOTUS : Care este rolul pe care îl joacă grosimea armăturilor ? În ce proporție influențează aceasta valoarea capacității ?



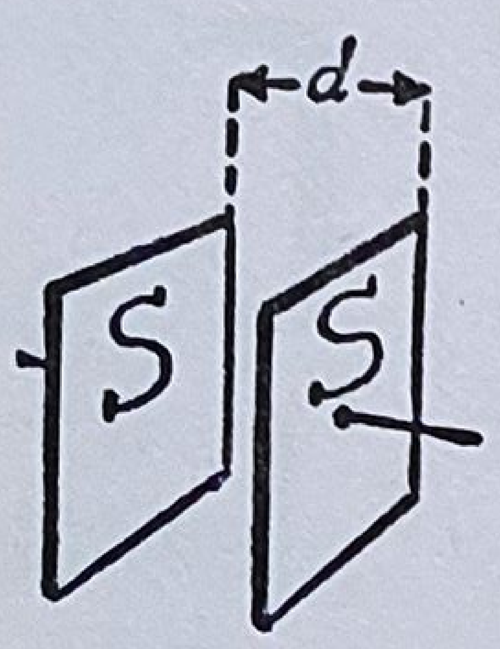
CURIOSUS : Ai să te miri, dar grosimea armăturilor nu are nici un fel de influență, deoarece sarcinile electrice se acumulează pe nivelele cele mai apropiate de suprafețele armăturilor ce stau față în față. Iată, pentru ca să te lămurești mai bine și formula care permite calcularea capacității C, exprimată în picofarazi (10^{-12}F), funcție de suprafața S a armăturilor, exprimată în centimetri pătrați, de distanța d dintre armături, exprimată în centimetri și de constanta dielectrică K:

$$C = 0{,}0885\, K \frac{S}{d}$$

IGNOTUS : Cînd mă uit la această formulă constat că putem crește cît dorim valoarea capacității. În acest scop este suficient să apropiem cît mai mult cele două armături. Pentru un d infinit mic C devine infinit mare.

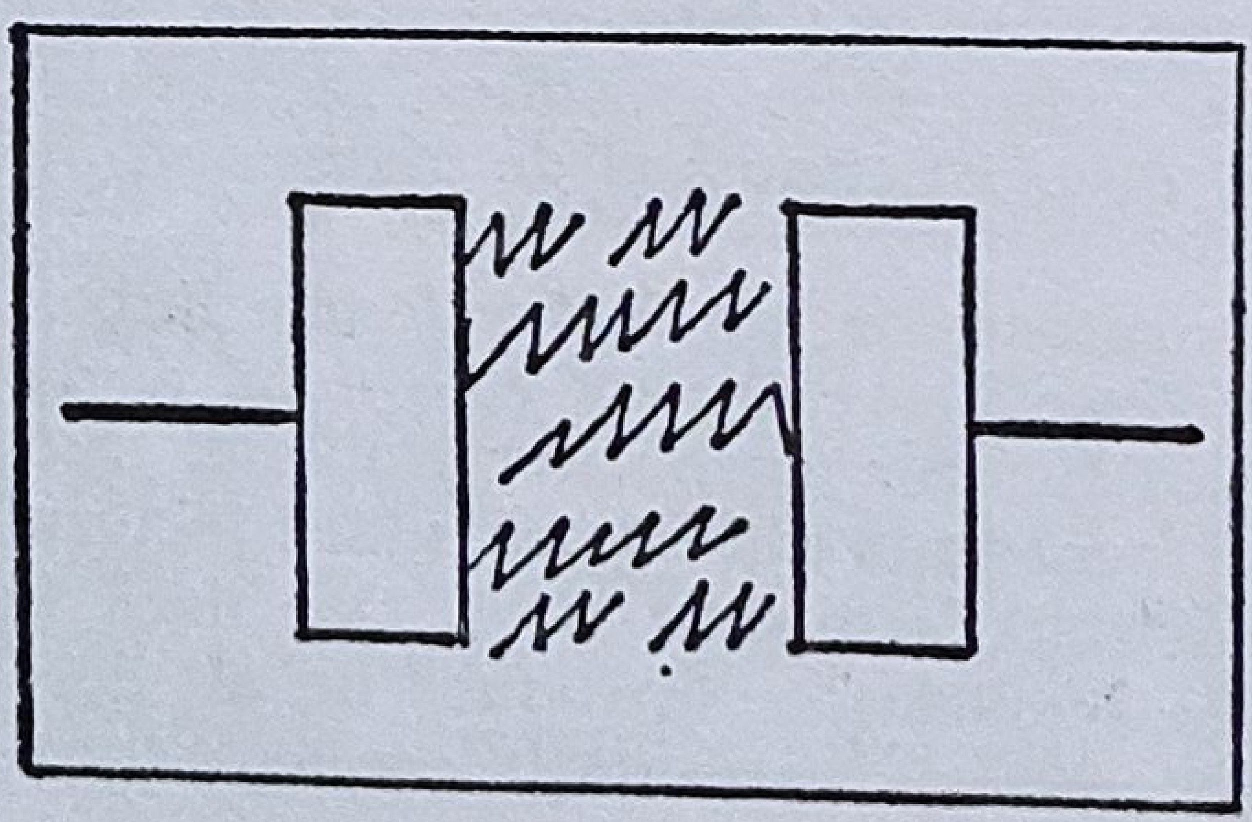
CURIOSUS : Da, dar acest lucru este infinit imposibil.

IGNOTUS : De ce ? Aci matematica nu mai este matematică ?



CURIOSUS : Nu. În schimb se riscă străpungerea dielectricului. În comparația ta cu rezervoarele, dacă ai tot reduce grosimea membranei, la un moment dat aceasta se va rupe datorită presiunii care i se aplică.

Ei bine, în cazul condensatorului, apropiind prea mult armăturile, sarcina electrică va străpunge dielectricul. Atracția dintre sarcinile negative și cele pozitive va permite electronilor să traverseze sub formă de scîntei aerul sau orice alt dielectric ce separă armăturile.

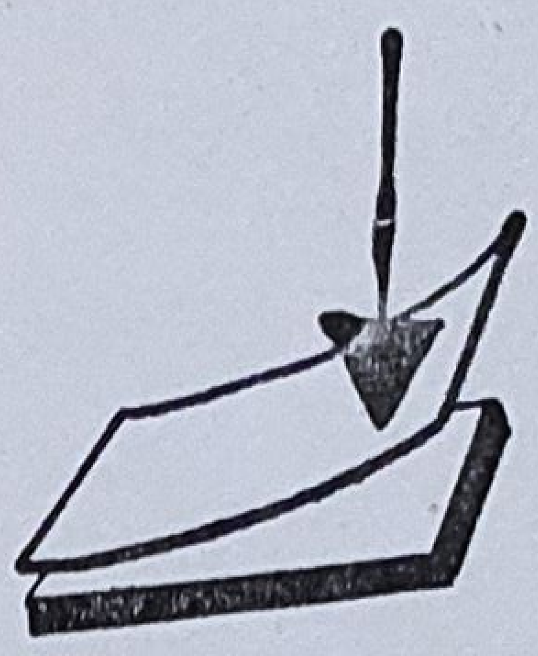


În cazul în care tensiunea aplicată condensatorului este prea mare sau armăturile acestuia sînt prea mari sau armăturile acestuia sînt prea apropiate, între cele două plăci apar scîntei ce descarcă condensatorul.

IGNOTUS : În consecinţă, distanţa dintre armături nu poate fi redusă sub o anumită valoare. Îmi închipui că această valoare depinde atît de natura dielectricului, cît şi de tensiunea aplicată armăturilor. Cu cît aceasta este mai mare cu atît scînteile vor ţîşni mai repede. Dar asta depinde şi de dielectricul în cauză.

CONDENSATOARE FIXE, AJUSTABILE ŞI VARIABILE

CURIOSUS : Ai perfectă dreptate, dragă prietene. Pot adăuga că există *condensatoare ajustabile* a căror capacitate poate fi variată prin apropierea sau depărtarea armăturilor pînă la o anumită limită. În acest scop una din armături este elastică fiind apropiată de cealaltă cu ajutorul unui şurub care serveşte la reglarea distanţei. Limitarea distanţei între cele două armături se realizează cu ajutorul unui dielectric solid plasat între armături.

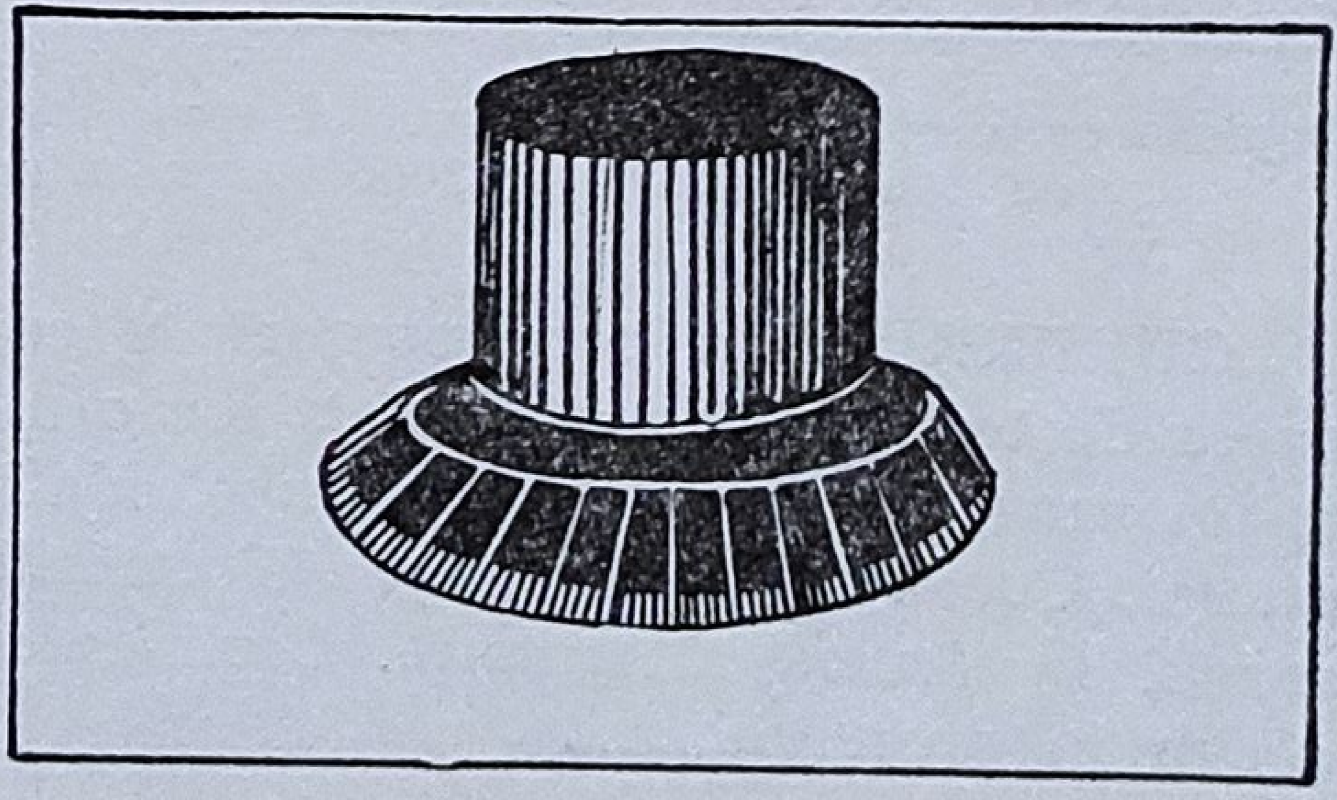


IGNOTUS : De fapt ceea ce spui tu este exact contrariul *condensatorului fix*, termen cu care se denumesc desigur condensatoarele a căror capacitate nu poate fi modificată ?

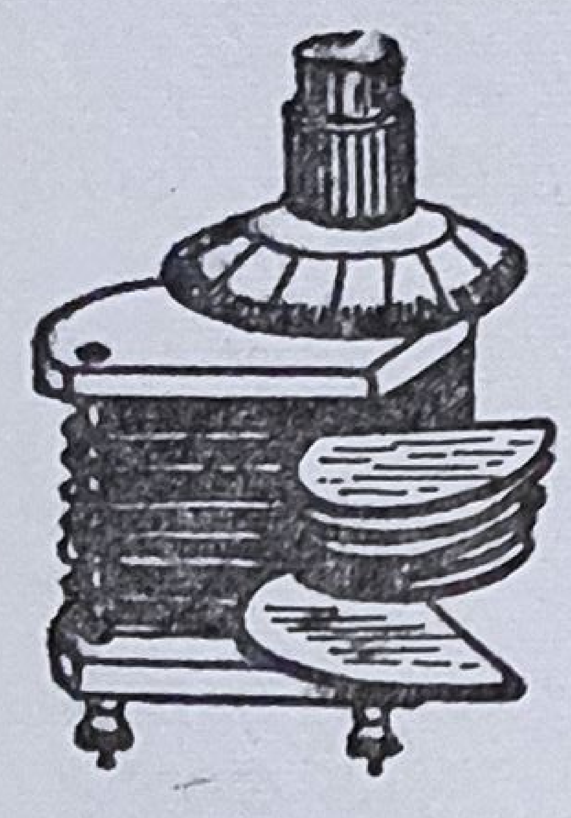
CURIOSUS : Nu, Ignotus. Ceea ce se poate considera opusul condensatorului fix este *condensatorul variabil*. La acest dispozitiv variabilă nu este distanţa dintre plăci ci suprafaţa lor sau cel puţin o porţiune din suprafeţele ce se plasează faţă în faţă.

IGNOTUS : Îmi închipui că în acest caz una din armături se deplasează lateral faţă de cealaltă.

CURIOSUS : Da. În general un condensator variabil se compune dintr-un ansamblu de armături fixe şi paralele conectate între ele şi din alt ansamblu de armături mobile paralele de asemenea, legate între ele şi dispuse între cele fixe.



Butonul de reglaj al unui condensator variabil poate fi gradat în valori de capacitate frecvenţă sau lungimi de undă.



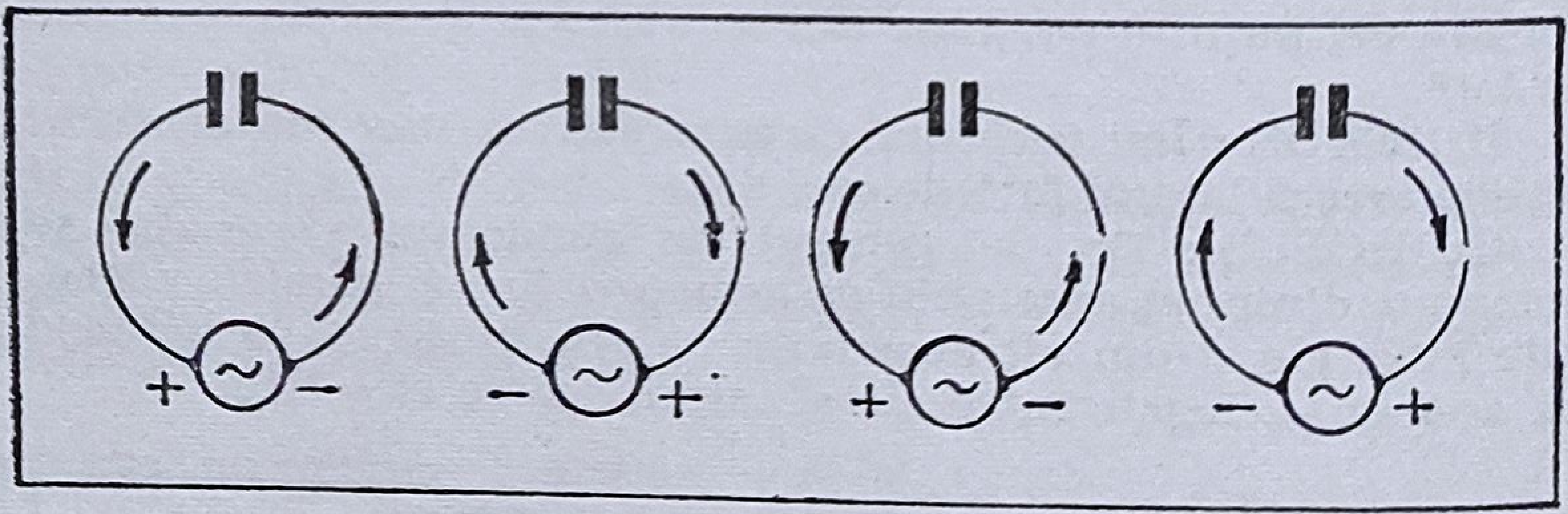
Modelul utilizat în general are armăturile realizate aproximativ în formă de semicerc. Armăturile mobile sînt fixate pe un ax care le leagă între ele și permite rotirea lor în spațiul dintre armăturile fixe. Butonul ce servește la rotire poate fi eventual gradat în valori de capacitate sau în valori pe care le determină rotirea sa, cum ar fi frecvența sau lungimea de undă. Acestea însă am să ți le explic mai tîrziu.

TRECEREA CURENTULUI ALTERNATIV

IGNOTUS : În toată povestea aceasta cu condensatoarele este ceva ce mă deranjează și anume absența mișcării. Sarcinile electrice ale condensatorului sînt imobile, odată ce acesta este încărcat sau descărcat. Eu însă iubesc mișcarea.......

CURIOSUS : Vei fi satisfăcut imediat. În loc de a conecta un condensator la o sursă de tensiune continuă, leagă-l la o sursă de curent alternativ. Ia spune-mi ce se întîmplă ?

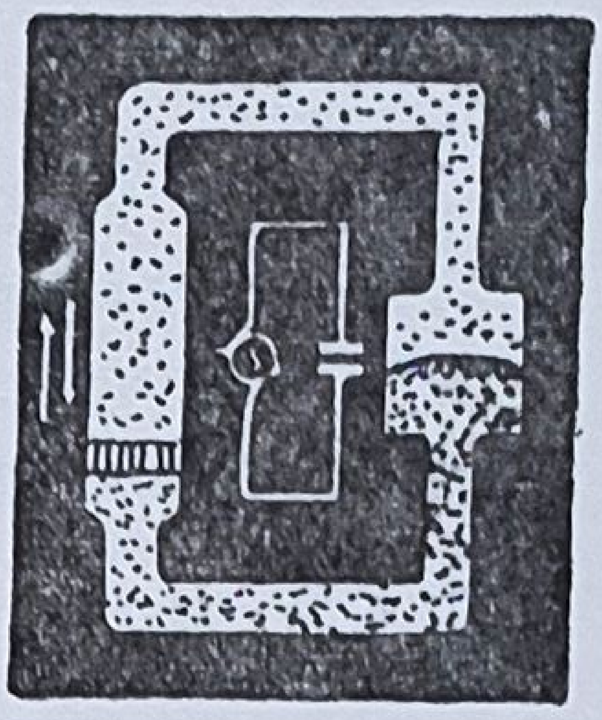
IGNOTUS : Stai puțin să mă gîndesc. Să începem cu alternanța în care una sau alta din armături este încărcată pozitiv, iar cealaltă negativ. Prin trecerea la alternanța următoare, condensatorul se va descărca, apoi se va încărca însă cu o polaritate de semn opus. Și așa mai departe. Pentru fiecare alternanță va avea loc atît o descărcare cît și o încărcare.



Deplasarea electronilor în circuitul care leagă condensatorul la sursa de tensiune alternativă. Patru alternanțe succesive.

CURIOSUS : În condensatoarele ce leagă armăturile de sursa de tensiune va avea deci loc o mișcare de electroni, într-un sens, pe care-l va schimba odată cu schimbarea alternanței. Curentul sau mișcarea electronilor își va schimba deci sensul la fiecare alternanță. Ceea ce vrea să însemne că ne găsim în prezența.........

IGNOTUS :........ unui veritabil curent alternativ. Este de-a dreptul formidabil ! Curentul alternativ circulă într-un circuit care de fapt, este deschis, deoarece între armături nu există contact electric.



CURIOSUS : Da, dragul meu Ignotus. Se spune chiar că „condensatorul lasă să treacă curentul alternativ". Dar înțelege bine, electronii nu trec prin condensator. Capacitatea sa permite circularea electronilor în circuit sub forma unui șir de du-te vin-o.

IGNOTUS : Pentru a înțelege mai ușor, revin la exemplul meu cu cele două rezervoare de aer separate printr-o membrană elastică. Dacă acum le voi lega printr-o țeavă nu la o pompă, ci la un cilindru în care pistonul realizează mișcarea de du-te vin-o, aerul va fi antrenat de o mișcare alternativă care va umfla și dezumfla pe rînd cînd rezervorul din dreapta, cînd cel din stînga.

REACTANȚA UNUI CONDENSATOR

CURIOSUS : Excelentă comparație. Ea ne va permite să mergem mai departe în studiul nostru asupra condensatorului. După părerea ta, care este intensitatea curentului alternativ astfel produs ?

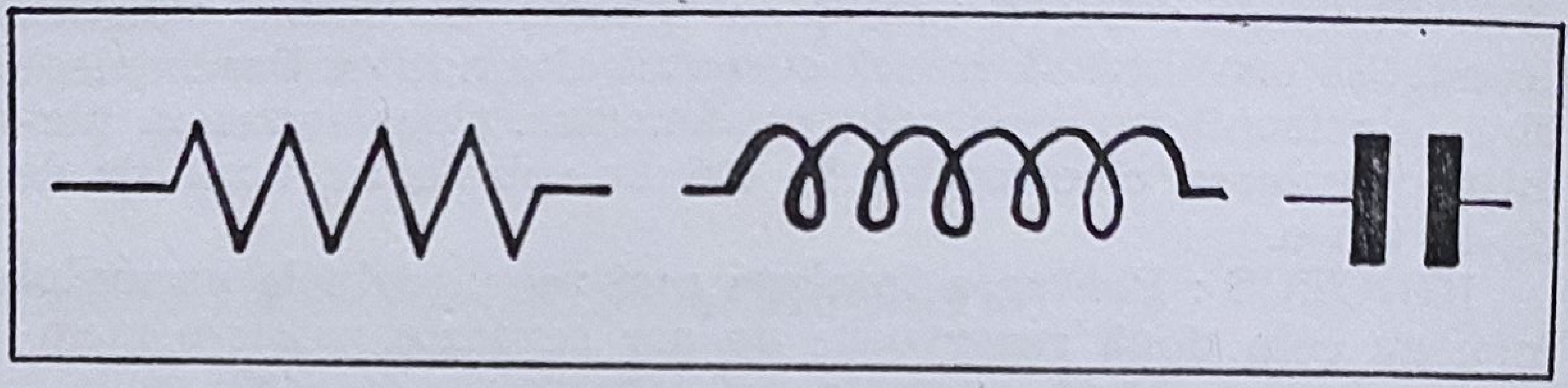
IGNOTUS : Pentru fiecare alternanță, cantitatea de aer ce trece prin țevile menționate mai sus, depinde atît de capacitate, adică de volumul rezervoarelor cît și de presiunea exercitată de piston. Cu cît frecvența mișcărilor pistonului este mai mare, cu atît mai mare va fi cantitatea de aer ce va trece în unitate de timp printr-o secțiune de țeavă.

CURIOSUS : Aceleași fenomene există și în electricitate. Cu cît capacitatea condensatorului este mai mare, cu atît mai mare va fi numărul electronilor care-l vor încărca apoi vor descărca la fiecare alternanță. În plus, cu cît numărul acestor alternanțe în unitate de timp va fi mai mare, cu atît va fi mai mare numărul electronilor ce circulă prin circuit într-o secundă.

Vezi deci, că în acest caz intensitatea curentului este proporțională cu capacitatea condensatorului și cu frecvența sursei alternative.

IGNOTUS : Constat că la fel ca și o rezistență sau inductanță, condensatorul se opune trecerii curentului. Dar — lucru curios — valoarea rezistenței ohmice nu depinde de frecvență. Reactanta inductivă sau inductanța, această rezistență a bobinelor, este proporțională cu frecvența și valoarea ei

crește odată cu aceasta. În timp ce rezistența pe care o opune capacitatea trecerii curentului alternativ scade odată cu creșterea frecvenței.



Trei tipuri de obstacole care se opun trecerii curentului electric: rezistența ohmică, bobina și condensatorul.

Și mai pot să adaug și alt lucru, prin care reactanța capacitivă acționează în sens contrar celei inductive: cu cît valoarea inductanței este mai mare, cu atît curentul alternativ o parcurge mai greu, în timp ce în cazul condensatorului, cu cît valoarea capacității este mai mare cu atît rezistența opusă de ea trecerii curentului alternativ este mai mică.

CURIOSUS : Ai avut o idee excelentă comparînd reactanța inductivă sau inductanța cu *reactanța capacitivă*. Termenul de reactanță capacitivă materializează rezistența pe care un condensator o opune trecerii curentului alternativ. Această reactanță capacitivă este invers proporțională cu capacitatea C și cu frcevența f. Formula va fi deci

$$Z_c = X_c = \frac{1}{2\pi f C}$$

IGNOTUS : Formula e grozavă deoarece în cazul curentului continuu, frecvența fiind zero, valoarea lui X_c devine infinită. Aceasta corespunde exact realității, deoarece un condensator prezintă o rezistență infinită trecerii curentului continuu.

Profesorul Radiol analizează :

Conectarea componentelor

Orice circuit electric se caracterizează printr-o anumită rezistență ohmică, o anumită inductanță și o capacitate. Componentele ce posedă caracteristicile enumerate mai sus pot fi conectate între ele în diverse moduri. În acest capitol se vor studia valorile diverselor caracteristici ale circuitelor compuse din rezistență, bobine și condensatoare. În încheiere se expune fenomenul de rezonanță, fenomen ce joacă un rol fundamental în electronică.

În sfîrșit, dragii mei prieteni, ați terminat studiul tuturor *componentelor pasive*. Se numesc componente pasive rezistențele, bobinele și condensatoarele, pentru a le distinge de tuburile electronice și de tranzistoare, acestea fiind denumite *componente active*, pe care de altfel le veți studia în curînd.

COEXISTENȚA CELOR TREI : R, L și C

Tot ceea ce ai explicat amicului tău, dragă Curiosus, este exact. Trebuie totuși să adaug că în realitate nici una din componente nu posedă o singură proprietate care să-i determine denumirea.

Astfel încît un simplu conductor, compus dintr-un fir drept posedă în același timp o rezistență ohmică pură, o inductanță și o capacitate. De fapt oricît de bună ar fi conductibilitatea sa, el prezintă o anumită rezistență ohmică.

Vă reamintiți că, prin trecerea sa, curentul creiază în jurul conductorului un cîmp magnetic, dacă este vorba de un curent alternativ. În consecință cîmpul magnetic va fi variabil și va induce la rîndul său în conductor curenți care se vor opune

curenţilor inductivi. Aci ne aflăm în prezenţa fenomenului de autoinducţie.

În sfîrşit, ca orice conductor, firul nostru este capabil să conţină şi o anumită sarcină electrică negativă sau pozitivă. Cu alte cuvinte posedă şi o capacitate.

Ceea ce caracterizează astfel un simplu fir electric rectiliniu, se aplică tot atît de bine unei bobine : în afară de inductanţă, care este caracteristica sa esenţială, ea mai posedă deasemenea o anumită rezistenţă ohmică şi o anumită capacitate.

În ceea ce priveşte condensatorul, în afară de capacitatea care îl caracterizează, el posedă deasemenea o anumită, dar în general foarte slabă rezistenţă ohmică. De fapt, sarcinile electrice care se deplasează spre nivelele armăturilor, ce se găsesc faţă în faţă sau în sens contrar, circulă prin masa armăturilor, care oricum prezintă totuşi o foarte mică rezistenţă ohmică. Tot această mică deplasare a sarcinilor electrice dă naştere şi unui slab efect de autoinducţie.

Vedeţi dar că nici una din cele trei caracteristici pe care le simbolizează literele R, L sau C nu pot fi realizate singure fără a fi acompaniate de celelalte două. În general, în ceea ce vom studia de aci înainte, nu vom ţine însă seama de aceste caracteristici colaterale, căci acţiunea lor este mult mai mică decît proprietatea esenţială ce caracterizează o componentă.

CONECTAREA ÎN SERIE

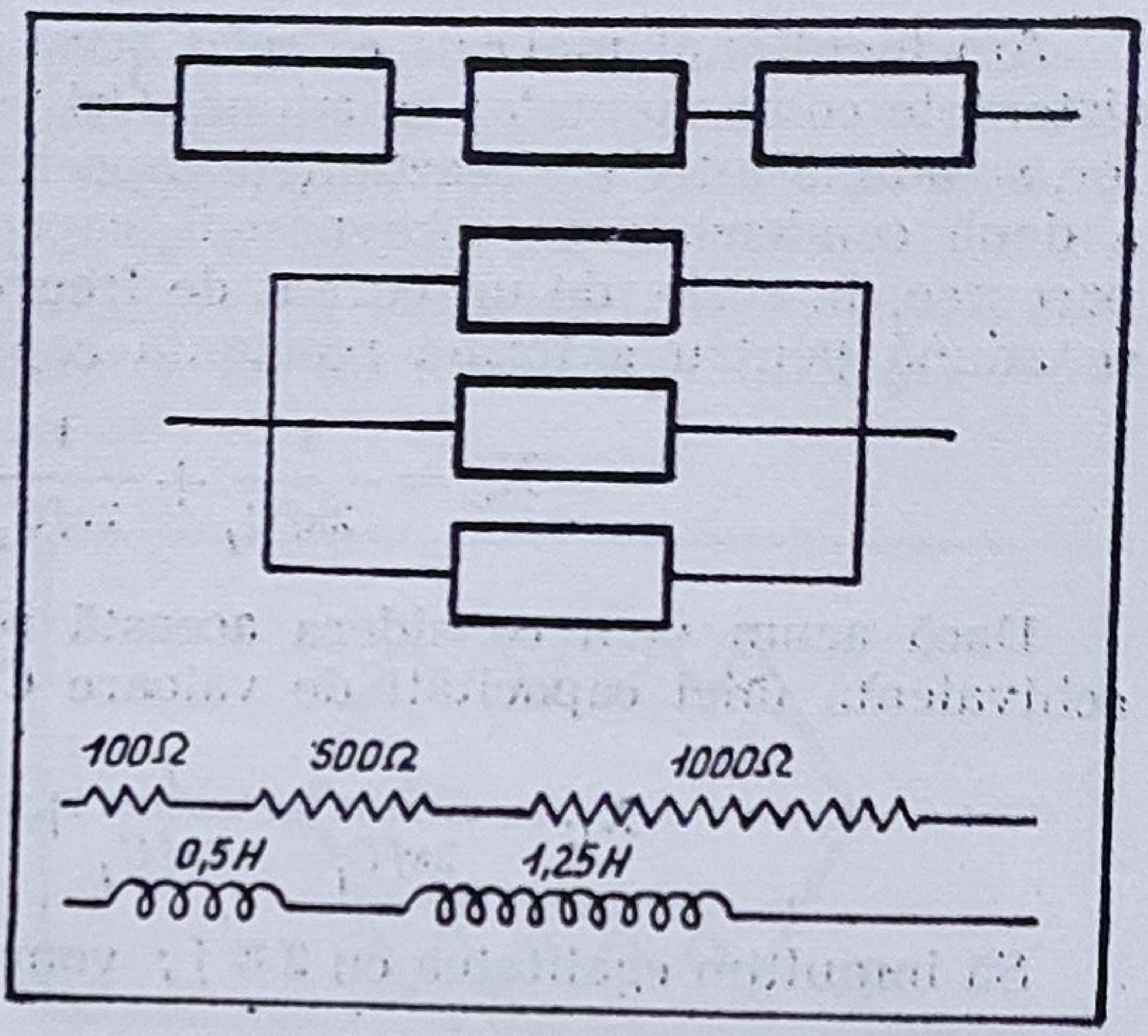
În schimb, ceea ce trebuie să studiem cu seriozitate, este asocierea componentelor fie de acelaşi fel, fie combinate. Vom analiza care este valoarea rezultantă prin combinarea lor ca şi rezistenţa opusă trecerii curentului, în acest caz.

Componentele pot fi conectate fie *în serie*, fie *în paralel* sau *în derivaţie*.

Conectarea în serie se realizează atunci cînd extremitatea unei prime componente este legată la capătul celei următoare şi aşa mai departe. În acest caz curentul trece succesiv prin toate componentele ce formează respectivul ansamblu.

La conectarea în paralel se leagă între ele toate extremităţile unei părţi a componentelor într-un punct, iar celălalt capăt al acestora se leagă în alt punct. Cu alte cuvinte curentul parcurge simultan toate componentele legate astfel, împărţindu-se între ele.

Veţi concepe foarte uşor că, fiind legate în serie, rezistenţele se adună. Luaţi o rezistenţă de 10 Ω, alta de 500 Ω şi o a treia



Componente legate în serie (sus); Componente legate în paralel (mijloc); Trei rezistențe legate în serie (jos); Două bobine legate în serie (jos).

de 1.000Ω și conectați-le în serie. Rezistența totală a acestui ansamblu va fi:

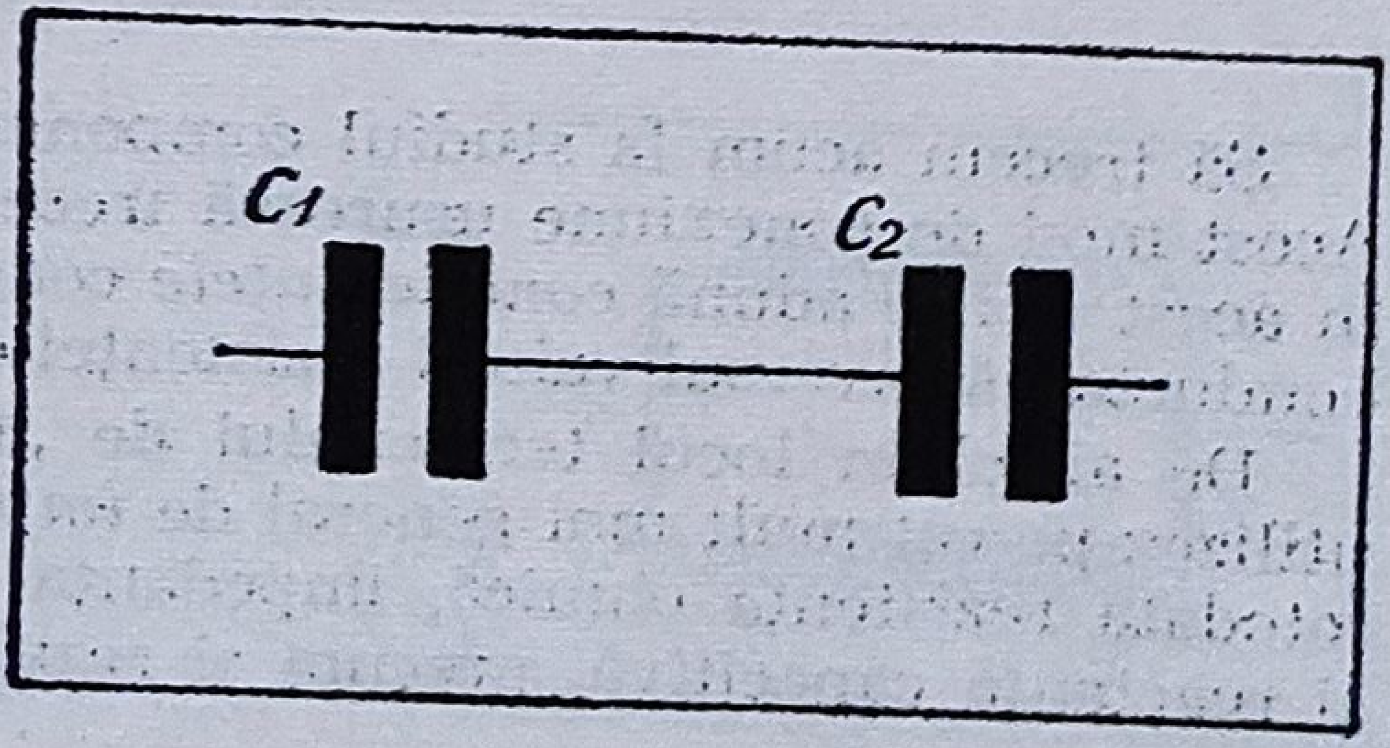
$$R = 100 + 500 + 1.000 = 1600\Omega$$

Să luăm acum niște bobine și să le legăm în serie. Cu condiția ca între acestea să nu existe inductanță mutuală, valorile lor se vor aduna.

Să luăm o bobină cu o inductanță de 0,5 H, alta de 1,25 H și să le conectăm în serie, dar destul de departe una de alta pentru a nu se influența reciproc sau pentru a se evita între ele orice efect de inducție. Valoarea inductanței rezultante va fi de:

$$L = 0,5 + 1,25 = 1,75 \text{ H}$$

Totul pare foarte simplu. Dar ia să vedem dacă lucrurile se repetă și în cazul condensatoarelor?



Condensatoare legate în serie. Capacitatea totală rezultantă este inferioară valorii fiecăruia dintre condensatoare.

Am menţionat mai sus că prin acest mod de conectare, rezistenţele componentelor se adună. Ori în cazul condensatoarelor, se adună între ele reactanţele capacitive. Să luăm deci cazul a două condensatoare care posedă capacităţile C_1 şi C_2, fiind parcurse, în serie, de un curent de frecvenţă f. Reactanţele lor se adună pentru a forma reactanţa capacitivă rezultantă.

$$X_C = \frac{1}{2\pi f C_1} + \frac{1}{2\pi f C_2}$$

Dacă acum vom considera această reactanţă rezultantă ca echivalenta unei capacităţi de valoare C_t, putem scrie:

$$X_C = \frac{1}{2\pi f C_t} = \frac{1}{2\pi f C_1} + \frac{1}{2\pi f C_2}$$

Să înmulţim egalitatea cu $2\pi f$; vom obţine:

$$\frac{1}{C_t} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2}$$

Din ultima expresie puteţi constata că, în cazul în care se leagă în serie două sau mai multe condensatoare, pentru a obţine valoarea capacităţii rezultante, se adună mai întîi inversul capacităţilor şi se obţine inversul capacităţii rezultante, ca numai după aceea prin răsturnarea fracţiei să se obţină valoarea reală.

În cazul celor două condensatoare legate în serie, din ultima formulă se poate deduce fără un prea mare efort matematic, valoarea capacităţii întregului ansamblu:

$$C_t = \frac{C_1 \times C_2}{C_1 + C_2}$$

CONECTAREA ÎN PARALEL

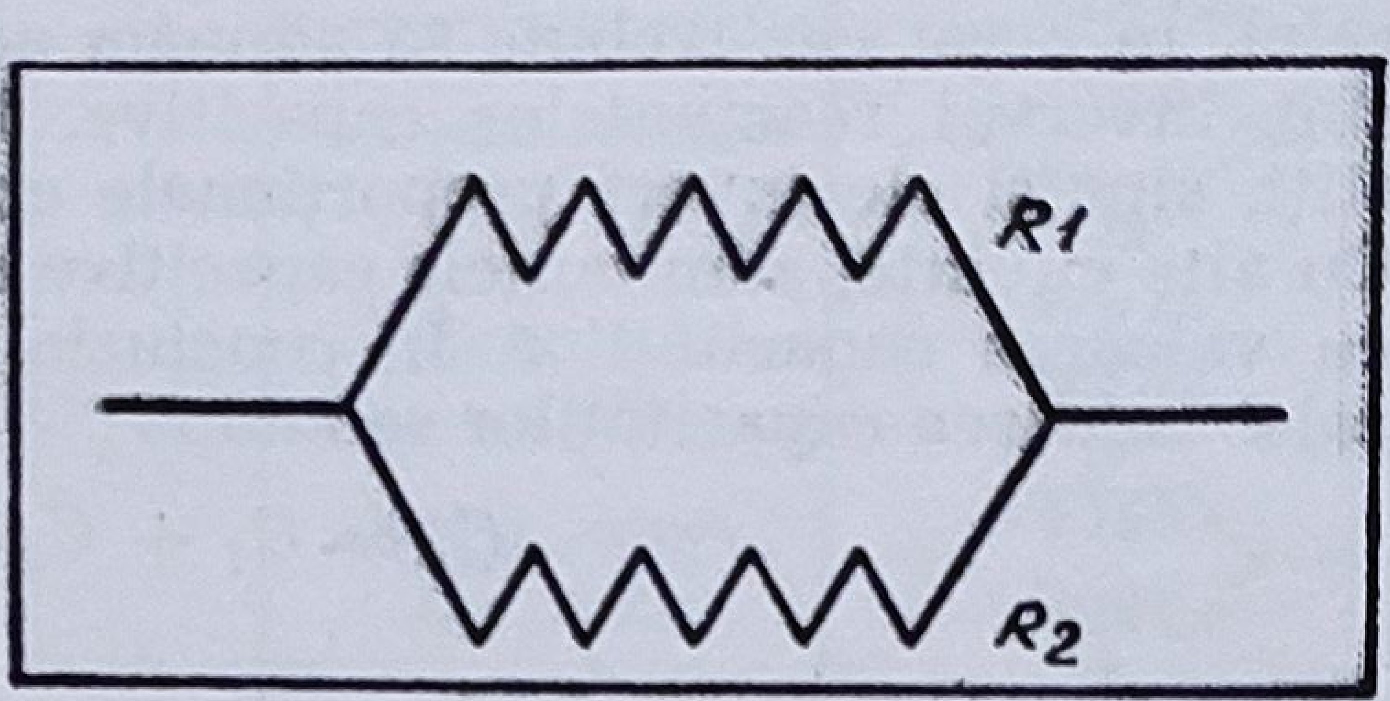
Să trecem acum la studiul componentelor legate în paralel. Acest mod de conexiune uşurează trecerea curentului. De fapt, în acest caz se adună *conductanţele* componentelor. Se numeşte conductanţă inversul valorii rezistenţei electrice.

De altfel în locul termenului de „rezistenţă" ar trebui să utilizez pe cel mult mai general de *impedanţă* care desemnează totodată rezistenţa ohmică, impedanţa sau reactanţa inductivă şi reactanţa capacitivă, precum şi rezultanta asocierii acestora.

Astfel dacă impedanţa o vom nota prin simbolul Z, inversul acesteia îl vom nota cu 1/Z, denumit *admitanţă*.

Să luăm acum cazul rezistenţelor ohmice legate în paralel. Conductibilitatea lor, 1/*R*, se adună. În loc de conductibilitate se mai poate spune şi *conductanţă*. Datorită faptului că ea este inversul rezistenţei, unitatea sa de măsură se numeşte *mho*, adică inversul unităţii „ohm".

Legarea în paralel a rezistenţelor reduce valoarea rezistenţei totale a ansamblului.



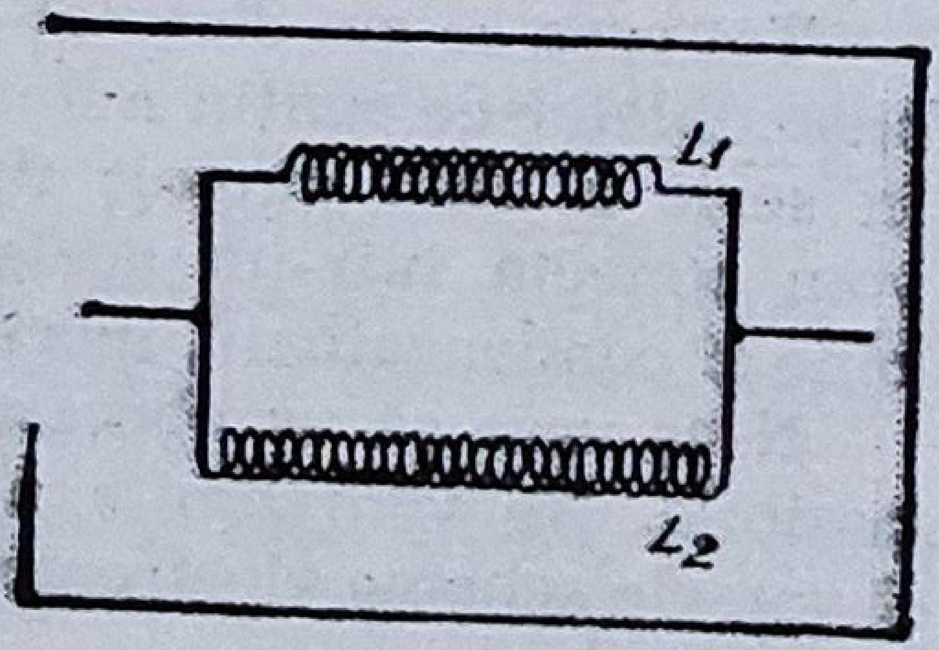
Dacă acum legăm în paralel două rezistenţe R_1 *şi* R_2, conductanţa ansamblului va fi echivalentă cu cea a unei rezistenţe R_p, adică :

$$\frac{1}{R_p} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2}$$

Constataţi, sper, analogia între această expresie şi cea a celor două condensatoare legate în serie ; şi, în consecinţă, veţi deduce fără dificultate valoarea rezistenţei R_p, rezultată din ansamblul celor două rezistenţe conectate în paralel :

$$R_p = \frac{R_1 \times R_2}{R_1 + R_2}$$

Dacă nu vă plictiseşte, să studiem acum cazul bobinelor legate în paralel, bineînţeles fără ca între ele să existe inducţie mutuală. Inductanţele sînt proporţionale cu valoarea de autoinducţie a bobinelor. În consecinţă comportarea lor este similară cu cea a rezistenţelor ohmice.



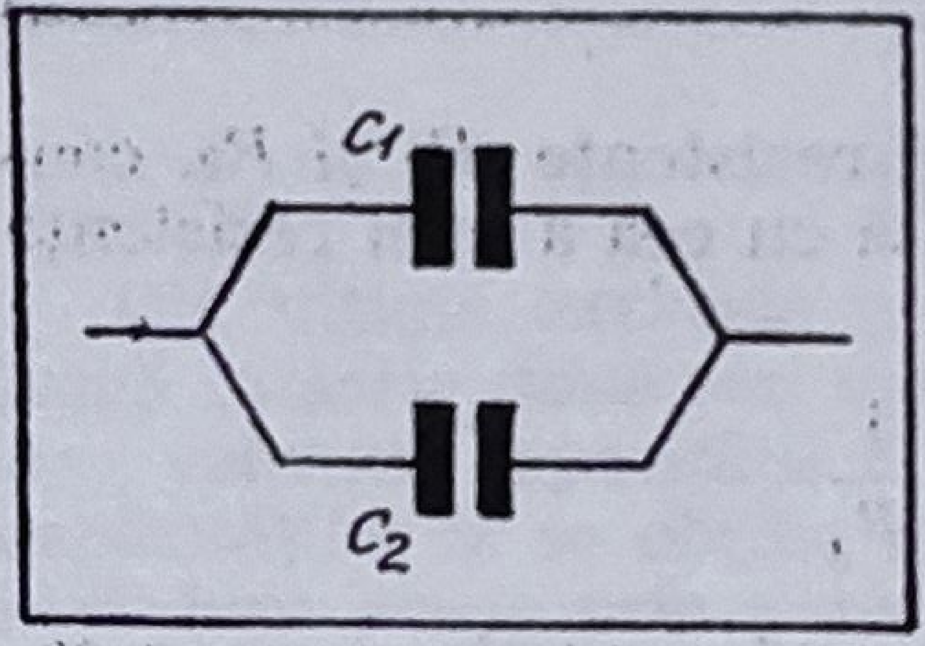
Bobine legate în paralel.

În aceste condiții, nu facem nici o eroare spunînd că, în cazul a două bobine L_1 și L_2, legate în paralel, inductanța rezultantă va fi :

$$L_p = \frac{L_1 \times L_2}{L_1 + L_2}$$

Să examinăm acum cazul condensatoarelor legate în paralel. În acest caz trebuie să adunăm admitanțele, care de fapt sînt inversul reactanțelor capacitive. Dar acestea, după cum știți, sînt și ele invers proporționale cu valoarea capacităților. Cu alte cuvinte, admitanțele capacitive sînt direct proporționale cu valoarea capacităților. În concluzie, în cazul legării în paralel valoarea capacităților se adună :

$$C_p = C_1 + C_2$$



Condensatoare legate în paralel.

Pe de altă parte, dacă am fi analizat fenomenele fizice de încărcare a condensatoarelor, am fi ajuns foarte ușor la aceiași concluzie.

Și acum, dragă Ignotus, fixează bine în memorie că în cazul conectării în serie se adună impedanțele, iar în cazul conectării în paralel se adună admitanțele sau inversul impedanțelor.

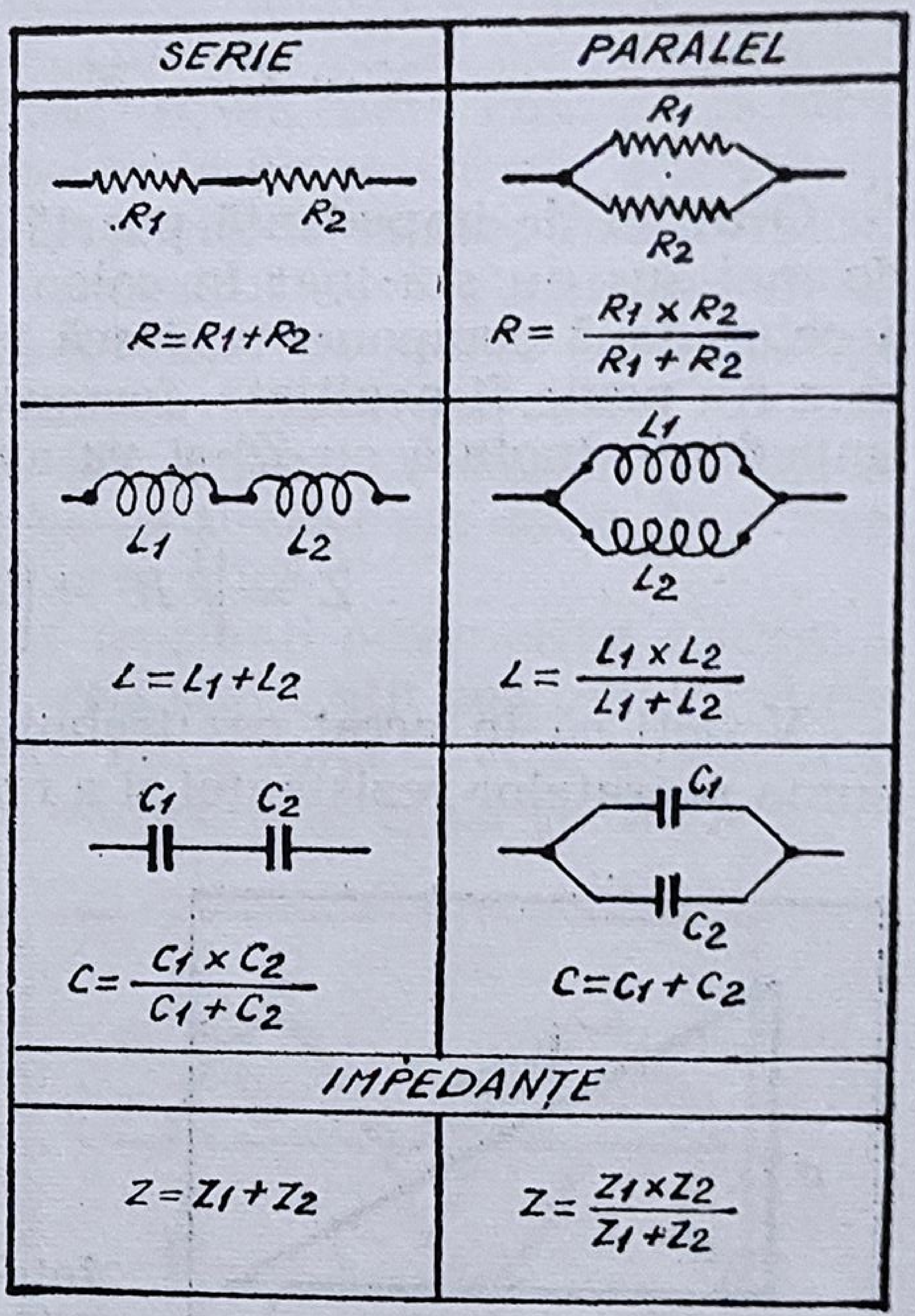
CONEXIUNI COMPLEXE

Tot ceea ce am discutat pînă aci nu este valabil decît în cazul ansamblelor ce conțin numai conexiuni în paralel sau conexiuni în serie a unui anumit tip de componente. În cazul în care vom conecta într-un același ansamblu rezistențe ohmice, bobine și condensatoare, lucrurile se complică.

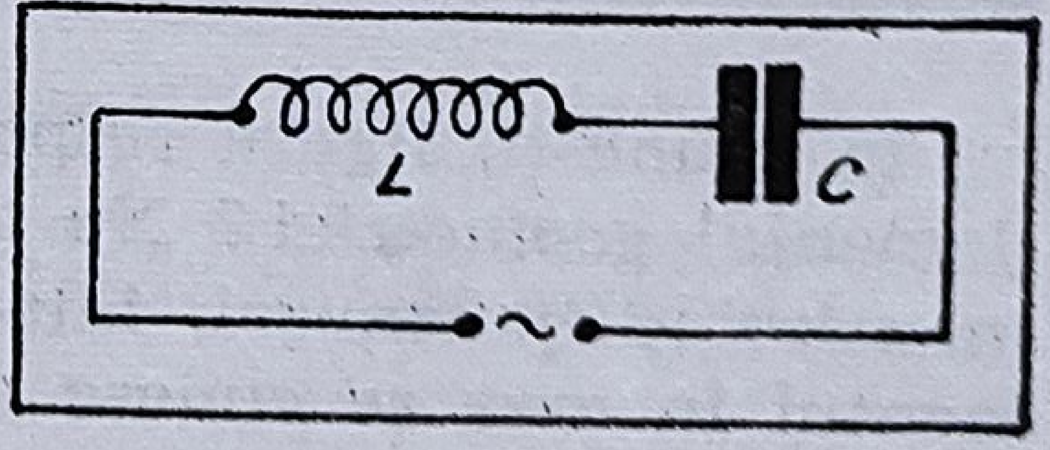
N-aș vrea să vă obosesc studiind pe rînd toate combinațiile posibile. Ne vom limita numai la acelea întîlnite mai des în diversele scheme electronice.

Să luăm mai întîi cazul unei bobine legate în serie cu un condensator. Impedanţele lor se adună. Dar acesta nu este un motiv pentru a scrie o formulă ce conţine semnul +.

Inductanţa şi reactanţa capacitivă se comportă foarte diferit, putem spune chiar de o manieră cu totul opusă una alteia.



Legarea în serie şi paralel a rezistenţelor, inductanţilor şi capacităţilor. Impedanţe echivalente.



Impedanţa ansamblului bobină şi condensator legate în serie este egală cu diferenţa dintre reactanţa inductivă şi cea capacitivă.

Într-o bobină, variaţiile intensităţii curentului au loc cu o anumită întîrziere în raport cu variaţiile tensiunii alternative care-i dă naştere. Este fenomenul ce se numeşte *defazare înapoi* (sau de întîrziere). El se datorează acţiunii curenţilor de autoinducţie, care se opun creşterii intensităţii curentului ce le-a dat naştere. Tot aceştia se vor opune în continuare micşorării acestei intensităţi, precum şi schimbării polarităţii.

În cazul condensatoarelor fenomenul este invers, curentul este defazat înainte în raport cu tensiunea. De fapt pe măsură

ce condensatorul se încarcă, tensiunea dintre armăturile sale crește și dat fiind apropierea saturației, intensitatea curentului de încărcare scade.

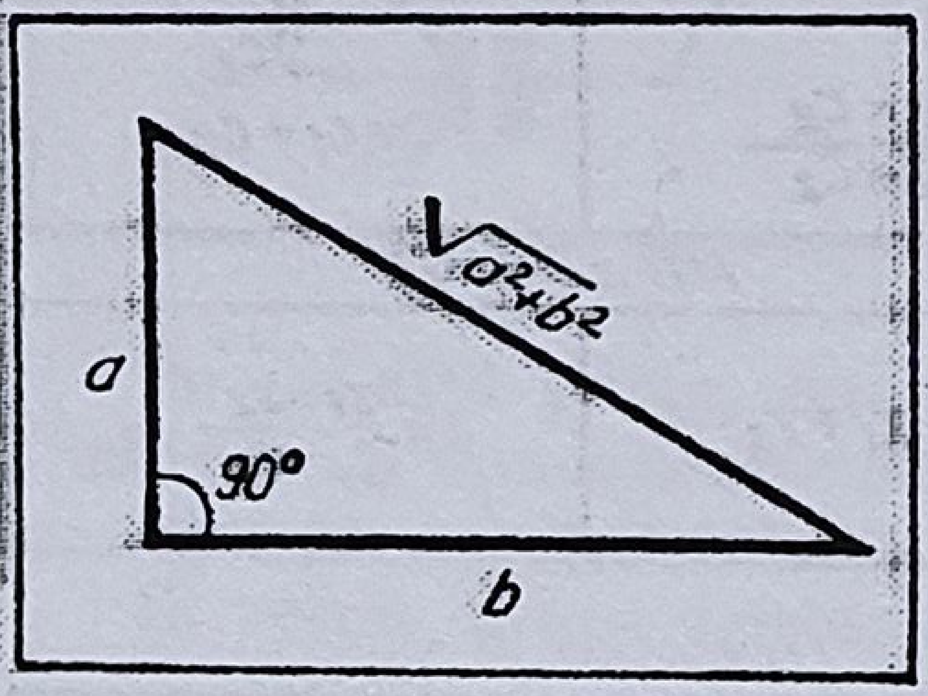
În consecință nu veți fi surprinși cînd voi aduna reactanta inductivă, cu cea capacitivă dar în fața celei din urmă voi pune semnul „minus“ :

$$X = X_L - X_c = 2\pi fL - \frac{1}{2\pi fC}$$

O astfel de impedanță poartă numele de *reactanță*. În cazul de mai sus nu s-a luat în calcul valoarea rezistențelor ohmice a celor două componente. Dacă însă aceasta prezintă o valoare care nu poate fi neglijată, formula noastră devine formula unei impedanțe (notată cu Z) și va avea forma :

$$Z = \sqrt{R^2 + \left(2\pi fL - \frac{1}{2\pi fC}\right)^2}$$

Vedeți că în acest caz trebuie extrasă rădăcina pătrată din suma patratelor rezistenței și a reactanței totale.



Intr-un triunghi dreptunghi ipotenuza este egală cu radicalul din suma patratelor catetelor.

Ia spune-ți, figura respectivă nu vă reamintește nimic din domeniul geometriei ? Nu tot în felul acesta se calculează dimensiunile ipotenuzei, într-un triunghi dreptunghic, în momentul în care se cunosc dimensiunile laturilor ?

FENOMENUL DE REZONANȚĂ

Să revenim la circuitul nostru. Să presupunem că putem varia frecvența (f) a tensiunii alternative aplicată circuitului. Pe măsura creșterii ei, valoarea reactanței inductive crește, iar cea a reactanței capacitive scade, prima fiind direct proporțională iar a doua invers proporțională cu frecvența.

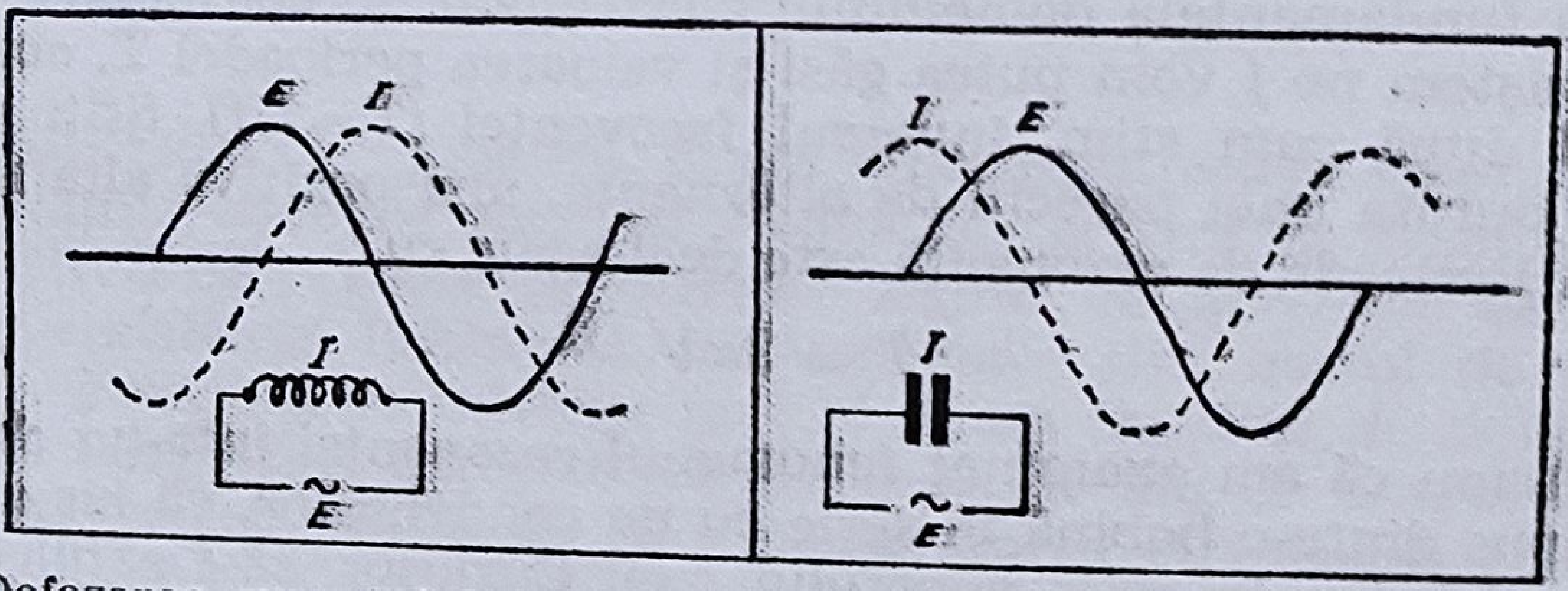
La frecvențe foarte mici, inductanța prezintă o valoare foarte mică în timp ce reactanța capacitivă una foarte mare. În consecință, reactanța totală reprezentînd diferența dintre cele două, va poseda o valoare foarte mare.

Pe măsură însă, ce frecvența crește, valorile celor două reactanțe se apropie. Există o anumită frecvență pentru care acestea devin egale. În acest moment diferența dintre ele devine nulă. În formula impedanței *(Z)* sub radical nu mai rămîne decît valoarea rezistenței ohmice, *R*, cu alte cuvinte pentru această frecvență impedanța este egală cu rezistența ohmică *R*.

Ori, după cum știm, aceasta poate fi foarte, foarte mică. În aceste condiții, impedanța circuitului devine aproape nulă.

Pentru această valoare a frecvenței se spune că circuitul nostru este la *rezonanță*. Intensitatea curentului care-l traversează atinge valoarea maximă, iar defazarea dintre curent și tensiune dispare. Totul se petrece ca și cum am avea de a face numai cu o rezistență ohmică foarte mică.

Dacă în continuare frecvența tensiunii alternative continuă să-și mărească valoarea, ambele reactanțe, atît cea inductivă cît și cea capacitivă reapar, deoarece inductanța devine superioară celeilalte iar diferența între ele nu mai este egală cu zero.



Defazarea curentului *I* față de tensiunea *E*, datorită inducției. (stînga).
Defazarea dintre curent și tensiune este produsă de un condensator. Tensiunea *E* este defazată înapoi față de curentul *I*, (dreapta).

În acest caz defazajul, care, înainte de rezonanță, punea variațiile curentului în fața celor ale tensiunii (curentul defazat înainte) le va pune acum pe cele ale tensiunii înaintea curentului (tensiunea defazată înainte) deoarece pentru frecvențe mari inductanța prezintă un obstacol din ce în ce mai mare trecerii curentului.

Hai să vă mai dau numai un mic calcul matematic elementar. Este foarte util pentru determinarea valorii frecvenței de rezonanță.

Pentru valabilitatea egalității de mai jos :

$$2\pi fL - \frac{1}{2\pi fC} = 0$$

trebuie ca

$$2\pi fL = \frac{1}{2\pi fC}$$

Să împărțim cei doi membrii ai egalității prin $2\pi L$ și să-i înmulțim cu f. Vom obține :

$$f^2 = \frac{1}{(2\pi)^2 LC}$$

În continuare nu mai rămîne decît să extragem rădăcina patrată, pentru a obține ceea ce se numește *formula lui Thomson* sau :

$$f = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}$$

Aceasta este valoarea frecvenței de rezonanță. Este o formulă fundamentală domeniului electronicii. În continuare dacă cunoaștem pe f vom putea găsi și valoarea perioadei T, aceasta fiind după cum știm, inversul frecvenței $(T=1/f)$. Știți că T este durata unei perechi de alternanțe, una pozitivă alta negativă. Perioada de rezonanță este deci egală cu :

$$T = 2\pi\sqrt{LC}$$

Acum că am examinat fenomenul rezonanței într-un circuit compus dintr-o bobină în serie cu un condensator, vă las dragii mei, și-i dau în grija nepotului meu Curiosus, să-i explice lui Ignotus, ceea ce este și cum funcționează un circuit oscilant. Mult curaj.

Convorbirea a 5-a

Circuitul oscilant. Unde electromagnetice

În această convorbire, cei doi prieteni termină studiul noțiunilor fundamentale ale electricității, analizînd comportarea circuitelor oscilante. Apoi, se trece la studiul radioelectricității, examinîndu-se emisia și recepția undelor electromagnetice și componența circuitelor de intrare ale receptoarelor.

ÎNCĂRCĂRI ȘI DESCĂRCĂRI

CURIOSUS : Spune-mi, dragă Ignotus, ai reușit să asimilezi explicațiile date de unchiul Radiol cu privire la rezonanță ?

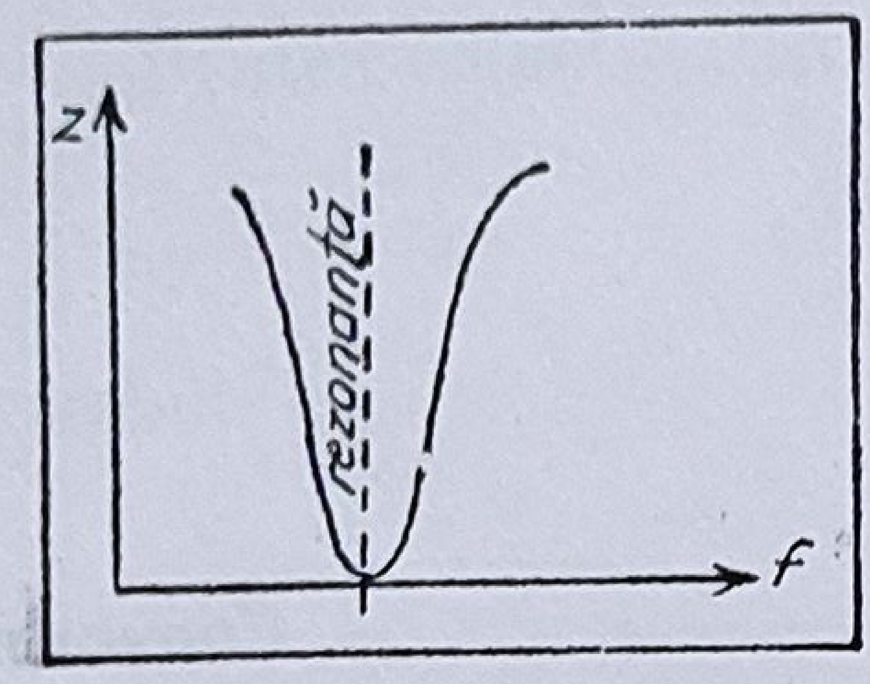
IGNOTUS : Toate problemele legate de diversele asocieri între rezistențe, bobine și condensatoare sînt destul de complexe. Pentru a le înțelege mai bine am ascultat de două ori banda magnetică înregistrată de unchiul tău și numai după aceasta pricep destul de ușor comportarea circuitului compus dintr-o bobină și un condensator, legate în serie.

Pe măsură ce frecvența tensiunii alternative care-l alimentează se apropie de valoarea sa de rezonanță, impedanța circuitului scade. La rezonanță, ea devine practic nulă, deoarece reactanța capacitivă devine egală cu cea inductivă și deci diferența dintre ele devine zero. În circuit trecerea curentului nu va mai întîmpina decît rezistența ohmică a acestuia, rezistență ce posedă o valoare infimă.

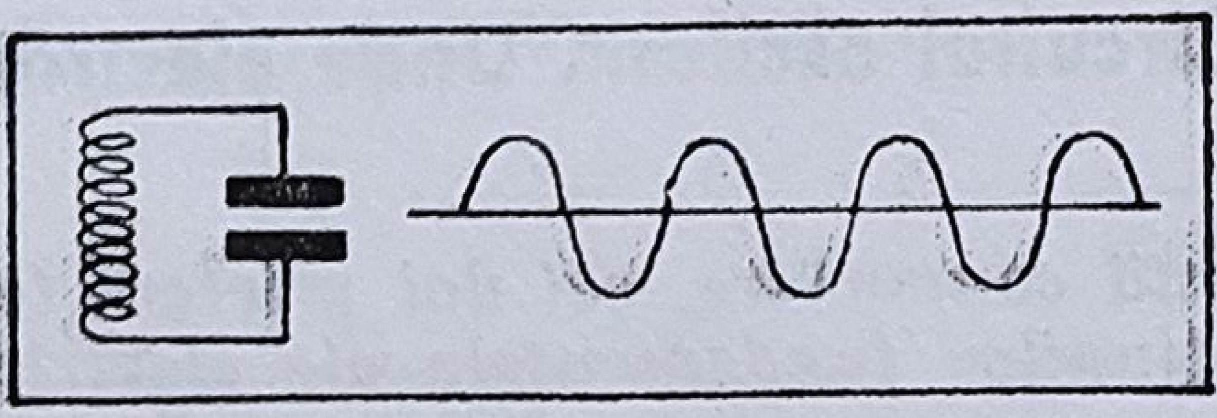


În momentul în care frecvența depășește valoarea sa de rezonanță, valoarea impedanței începe să crească din nou, deoarece crește reactanța inductivă a circuitului. Din acest moment însă, semnul impedanței totale se schimbă.

CURIOSUS : Constat cu satisfacție că ai înțeles bine fenomenul de rezonanță care anulează valoarea impedanței și prin aceasta crește la maximum intensitatea curentului.

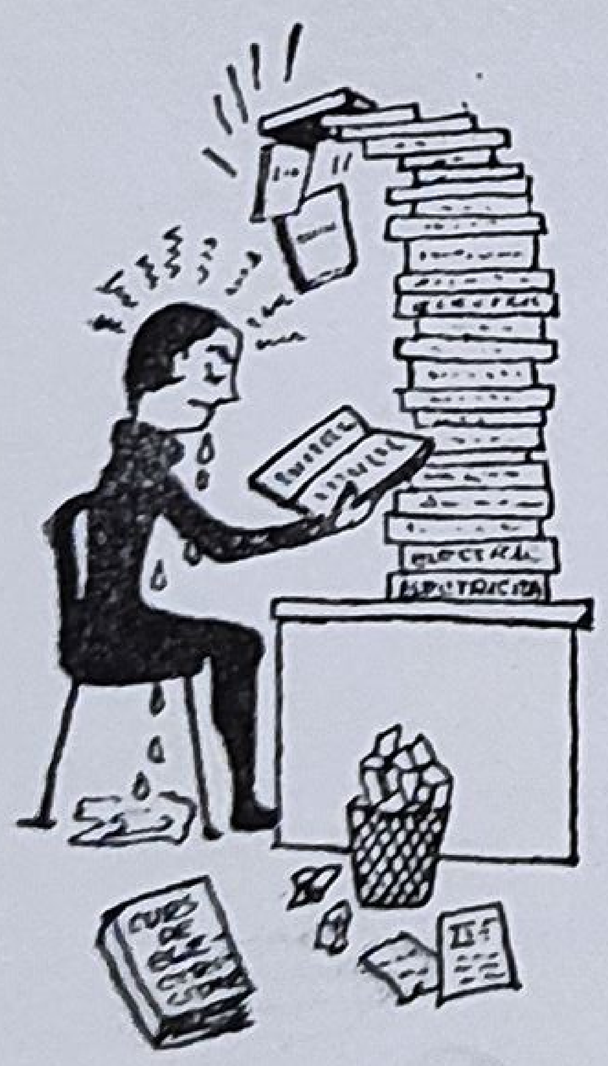


Impedanța circuitului rezonant serie (Z) variază funcție de frecvență. Ea devine practic zero la rezonanță.



În circuitul rezonant paralel, curenții au o formă sinusoidală.

Ei acum să văd dacă ai putea ghici cum se încarcă și se descarcă un condensator dacă la armăturile lui se leagă în paralel nu o rezistență — cazul acesta l-am studiat — ci o bobină.



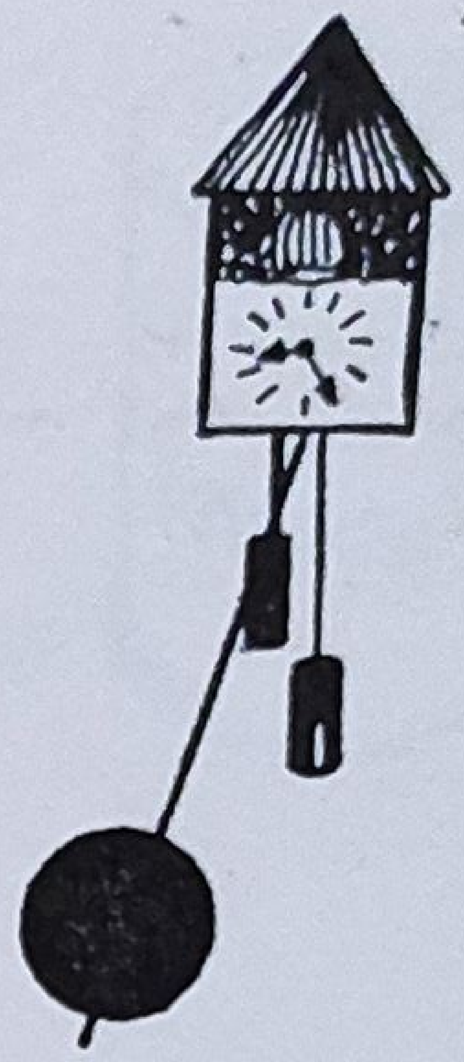
IGNOTUS : Îmi închipui că inductanța bobinei va împiedeca la început trecerea unei intensități mari a curentului de descărcare a condensatorului. În consecință aceasta va crește treptat. Curentul va atinge valoarea maximă în momentul în care condensatorul se va descărca complet. Dar acum din cauza inductanței bobinei, care se opune oricăror variații a curentului, valoarea intensității nu va putea fi egală cu zero, ci se va micșora încet încărcînd astfel din nou condensatorul, însă cu o polaritate contrară celei inițiale.

În bobină iau naștere curenți induși care se opun trecerii curentului variabil la descărcarea condensatorului. În momentul în care curentul de descărcare se anulează, curentul indus în bobină și care este de sens contrar celui de descărcare al condensatorului continuă să circule și astfel încarcă condensatorul însă cu polarități opuse celor cu care armăturile au fost încărcate inițial.



În clipa în care curentul indus al bobinei va fi egal cu zero, condensatorul va fi din nou încărcat. Și totul va reîncepe dar în sens contrar. Astfel încît curentul va avea alternativ, cînd un sens, cînd opusul acestuia încărcînd și descărcînd condensatorul. Și toate acestea numai din cauza unui fel de inerție care caracterizează bobina.

CURIOSUS : Mă tot întreb, Ignotus, dacă nu cumva ai citit pe ascuns un manual de electricitate ca să-mi poți da răspunsuri atît de exacte... Așa este, curentul efectuează *oscilații* în ceea ce se numește un *circuit oscilant*. Bineînțeles, că după o



astfel de explicație vei ghici desigur și care este frecvența acestor oscilații.

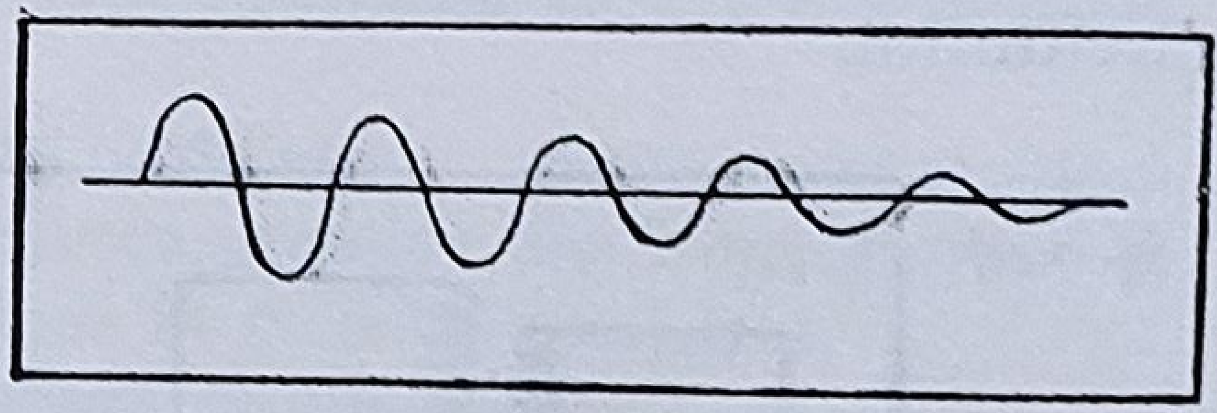
IGNOTUS : Circuitul posedă desigur o frecvență de rezonanță determinată de formula lui Thomson. De fapt numai pentru această frecvență circuitul nostru oscilant va poseda o impedanță nulă sau cel puțin redusă la valoarea rezistenței sale ohmice.

CURIOSUS : Foarte adevărat. După părerea ta, oscilațiile acestea vor exista la infinit ?

IGNOTUS : Din păcate nimic nu durează o eternitate. Rezistența ohmică, fie cît de mică, consumă totuși un pic de energie la fiecare oscilație. Astfel încît acestea o să se micșoreze încetul cu încetul, ca în final să se oprească complet.

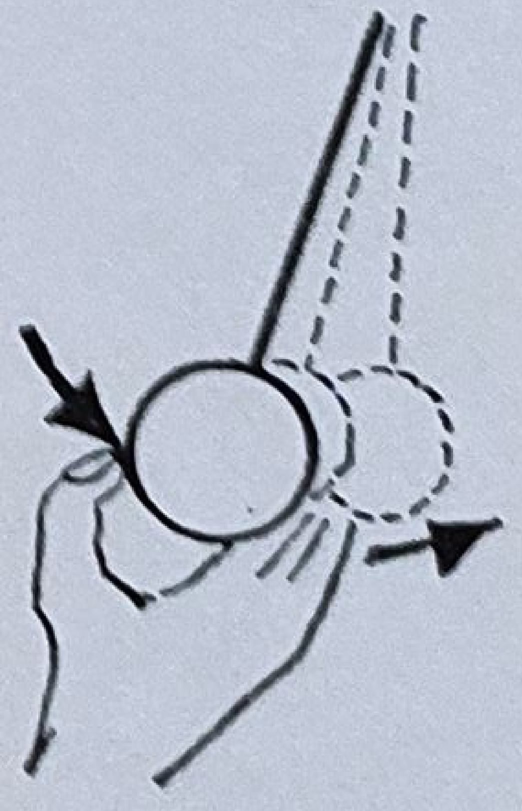
CURIOSUS : Ai dreptate și eu nu mai pot adăuga decît că acest fel de oscilații se numesc *oscilații amortizate*. Amortizarea lor, după cum singur ai spus, se datorează numai rezistenței ohmice a circuitului și nu pot decît să te felicit pentru emiterea atîtor idei juste.

Oscilațiile curentului provocate de descărcarea condensatorului prin bobină se amortizează datorită pierderii de energie în rezistența ohmică.



ÎNTREȚINEREA OSCILAȚIILOR

IGNOTUS : Ceea ce m-a ajutat foarte mult este faptul că în cazul meu am făcut o analogie între circuitul oscilant și vechea noastră pendulă. Dacă nu o întorc la vreme, pendula se oprește, dar este suficient să deplasez limba pendulei spre una din extremitățile traiectoriei sale pentru ca oscilațiile să înceapă. Însă cu timpul aceste oscilații se micșorează progresiv din cauza rezistenței aerului. Cît privește frecvența lor, aș putea spune că este oarecum chiar frecvența de rezonanță. Ea depinde de lungimea pendulului și de masa sa.



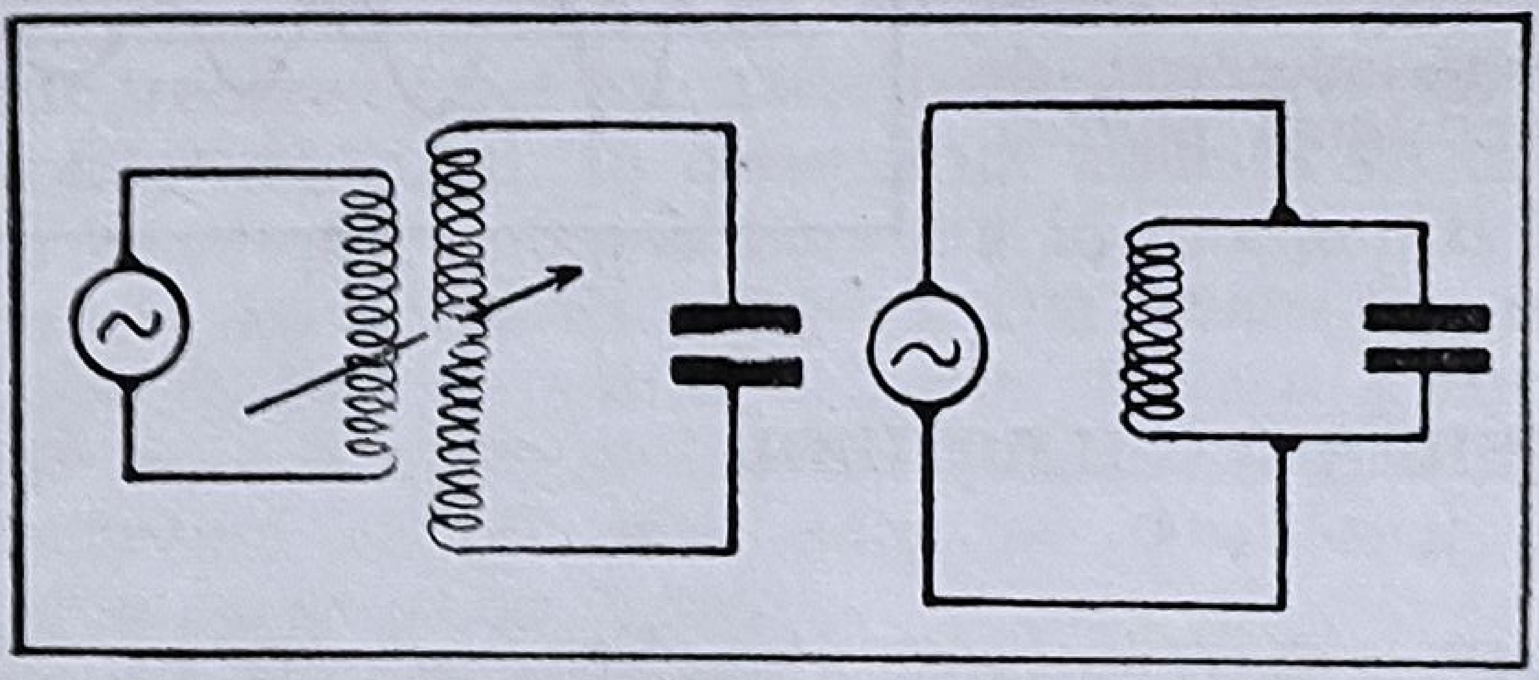
CURIOSUS : Excelentă comparație. În concluzie, cunoști funcționarea continuă a ceasului. În acest scop, se întoarce cu cheia mecanismul ceasului al cărui resort înmagazinează astfel o cantitate de energie. La fiecare oscilație a pendulului resortul îi comunică un mic impuls care neutralizează sau mai bine zis compensează pierderea de energie datorată rezistenței aerului. Astfel ceasul merge continuu. Ce trebuie să facem

acum cu circuitul nostru oscilant astfel încît intensitatea curentului să nu scadă ?

IGNOTUS : Prin analogie cu ceasul, îmi închipui că în fiecare perioadă trebuie injectată o mică cantitate de energie electrică care să compenseze pierderea în rezistență ohmică. Dar, drept să-ți spun nu prea văd cum se poate realiza practic această operație.

CURIOSUS : Foarte simplu. Cu ajutorul fenomenului de inducție și iată cum : bobina circuitului oscilant se cuplează inductiv (principiul transformatorului) cu o altă bobină exterioară. Aceasta este parcursă de un curent a cărei frecvență este egală cu valoarea frecvenței de rezonanță a circuitului oscilant și prin inducție va injecta bobinei acestuia energia necesară pentru neamortizarea oscilațiilor. Sursa de tensiune se poate lega la armăturile condensatorului.

IGNOTUS : Îmi închipui că această sursă va trebui să furnizeze foarte puțină energie, deoarece ea trebuie să compenseze numai pierderile mici care se produc în rezistența ohmică a circuitului.



Compensarea pierderii de energie în circuitul oscilant se realizează fie prin inducție mutuală, fie prin cuplaj direct.

CURIOSUS : Într-adevăr, valoarea curentului furnizat de sursă circuitului oscilant este foarte mică. S-ar putea spune că în comparație cu circuitul exterior, circuitul oscilant prezintă o impedanță de valoare foarte mare.

IGNOTUS : Sînt foarte bucuros că înțeleg această concluzie, deoarece unchiul tău nu ne-a vorbit nimic despre montajul în care o bobină este legată în paralel pe un condensator. Ori aceasta este exact situația în care se află circuitul nostru oscilant privit din punct de vedere al sursei de tensiune.

CURIOSUS : În concluzie, dacă impedanța rezultată din legarea în serie a unei bobine cu un condensator devine practic

nulă pentru frecvența de rezonanță, la legarea celor două componente în paralel impedanța ansamblului devine infinită la frecvența de rezonanță.



IGNOTUS : Și deci oscilațiile în circuitul paralel nu se mai amortizează ?

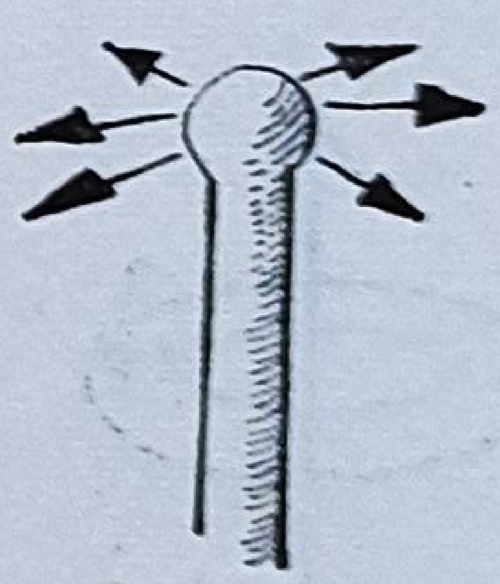
CURIOSUS : Nu, *amplitudinea* lor rămîne constantă. Prin amplitudine se înțelege valoarea maximă a fiecărei alternanțe. Oscilațiile neamortizate se mai numesc și *oscilații întreținute*.

IGNOTUS : Eu însumi sînt foarte bine întreținut de aceste fenomene. Dar spune-mi, te rog, ce se întîmplă în cazul în care modificăm valoarea frecvenței față de cea de la rezonanță ?

CURIOSUS : În acest caz, impedanța pe care o prezintă circuitul oscilant sursei de tensiune, scade foarte mult.

UNDE RADIOELECTRICE

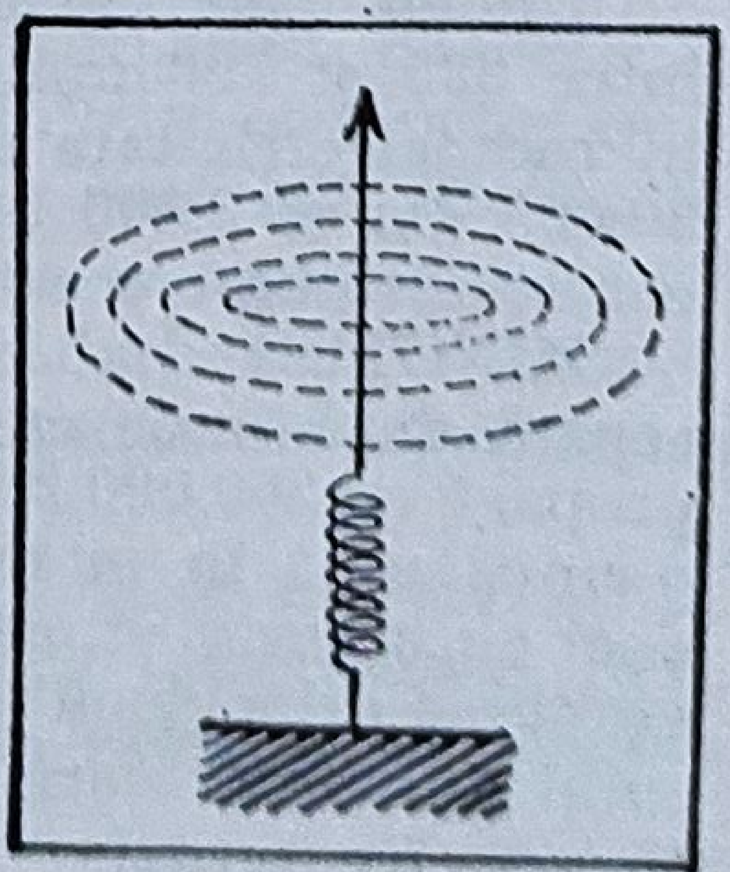
IGNOTUS : Care este de fapt utilitatea practică a acestor oscilații întreținute ?



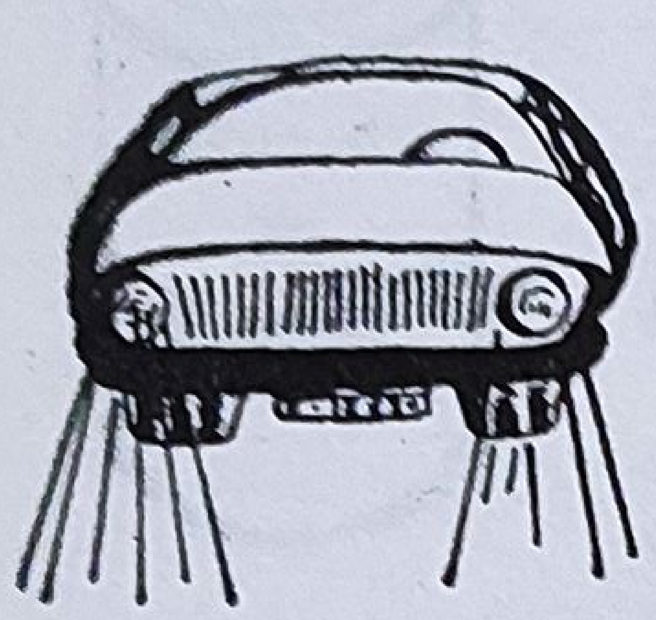
CURIOSUS : Tocmai aceste unde sînt utilizate în radioelectricitate. Ele servesc la producerea undelor electromagnetice și la recepționarea lor, fiind induse în circuite oscilante.

IGNOTUS : Cum se realizează obținerea lor ?

CURIOSUS : Foarte simplu. Sarcina de ieșire sau pe care debitează un circuit oscilant va fi o *antenă de emisie*. Aceasta este compusă dintr-o masă metalică ce posedă o anumită capacitate. Astfel pentru fiecare alternanță sarcinile electrice se îngrămădesc spre acest condensator sau revin spre circuitul oscilant. În concluzie, în antenă circulă un adevărat curent alternativ.



Unde electromagnetice difuzate prin antena emițătoare.

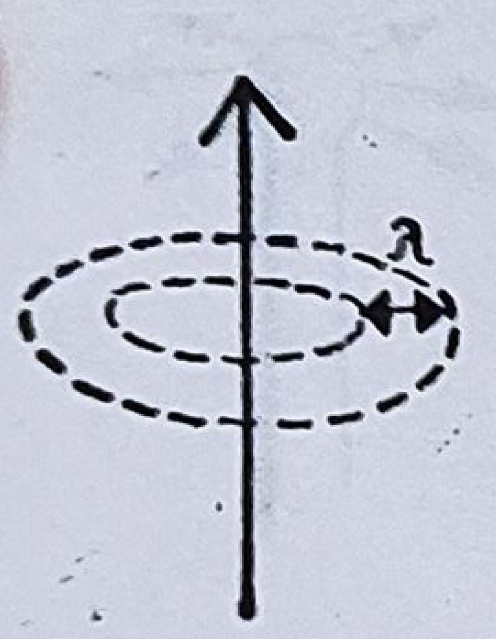


Acest curent dă naştere în jurul său unor cîmpuri magnetice, a căror linii de forţă îşi schimbă sensul pentru fiecare alternanţă. În cazul în care aceste alternanţe se succed foarte repede, acesta fiind cazul curenţilor de înaltă frecvenţă, fiecare cîmp creiat de o alternanţă va împinge înspre exterior pe cel creiat de alternanţa precedentă. Şi iată deci felul în care iau naştere undele electromagnetice, unde ce se propagă cu viteza luminii, adică cu 300.000 kilometri pe secundă.

IGNOTUS : În ce direcţie merg ?

CURIOSUS : Dacă antena emiţătoare este verticală, undele se propagă uniform în toate direcţiile. Raza cercului undelor electromagnetice creşte tot cu prodigioasa viteză a luminii. Se pot realiza însă şi antene directoare, la care un anumit dispozitiv concentrează undele emiţîndu-le în fascicole dirijate.

IGNOTUS : De fapt după cum văd, aci se procedează în acelaşi mod ca şi la iluminare. Putem avea o lampă care-şi proiectează lumina uniform în toate direcţiile ; în acelaşi timp însă, lumina poate fi orientată numai într-o singură direcţie, ca în cazul farurilor automobilului.



GAMA DE UNDE

CURIOSUS : Analogia pe care ai făcut-o nu conţine nimic surprinzător, deoarece undele radioelectrice şi undele luminoase sînt de natură electromagnetică. Ceea ce le distinge este numai frecvenţa lor.

Şi, că tot veni vorba de frecvenţă, să ştii că unitatea sa, *perioada pe secundă*, se mai numeşte şi hertz, simbolul său fiind notat cu Hz. În general, în radio, se lucrează cu kilohertzi (kHz) sau mii de hertzi, cu megahertzi (MHz) sau milioane de hertzi şi chiar cu gigahertzi (GHz) sau miliarde de hertzi.



Undele electromagnetice ale luminii au o frecvenţă cuprinsă între 385 şi 790 milioane de megahertzi. Frecvenţele utilizate în radioelectricitate sînt mai puţin înalte, fiind cuprinse între 30.000 Hz şi 3.000 MHz. Ai putea calcula lungimile de undă corespunzătoare acestor două valori ?

IGNOTUS : Îmi închipui că aşa este denumită distanţa care separă două unde emise una după alta. După cum ştim, ele se propagă cu 300.000 km/s. În acest caz distanţa pe care o parcurge o undă pînă în momentul emiterii celei următoare este egală deci cu această viteză înmulţită cu timpul care se scurge între emiterea celor două unde sau cu alte cuvinte cu perioada curentului alternativ care generează aceste unde. Dar perioada este inversa frecvenţei.

CURIOSUS : Foarte bine, dragă Ignotus. În concluzie, dacă notăm perioada cu T, ea fiind inversa frecvenţei o vom afla uşor prin formula $T = 1/f$. Lungimea de undă λ (litera grecească lambda) va fi deci egală cu :

$$\lambda = 300\,000\,000 \times T = \frac{300\,000\,000}{f} \text{ (metri)}$$

IGNOTUS : În aceste condiţii dacă frecvenţa este de 30.000 *Hz*, lungimea de undă va fi egală cu 10 kilometri. Iar la extremitatea cealaltă, pentru o frecvenţă de 3.000 MHz, undele vor avea lungimea de numai 10 cm.

CURIOSUS : Calculele tale sînt exacte. Aş mai vrea să adaug că se utilizează *unde lungi* a căror lungime de undă este superioară valorii de 1.000 metri, *unde medii* cu o λ cuprinsă între 1.000 şi 100 metri şi în sfîrşit, *unde scurte* pentru care λ este mai mică de 100 m. Se mai disting undele decametrice, adică cu o lungime de ordinul zecilor de metri şi undele metrice. În sfîrşit, există şi *unde ultrascurte* cu o lugime medie inferioară metrului, cum ar fi de exemplu undele decimetrice şi undele centimetrice, ca să nu-ţi mai spun că s-a ajuns în prezent să se utilizeze şi undele milimetrice.

În cazul dirijării undelor cu ajutorul reflectoarelor, vezi undele dirijate de care am vorbit mai sus, se utilizează reflectoare care lucrează numai cu unde scurte sau ultrascurte, deoarece foarte greu se realizează reflectoare care să posede diametre de ordinul kilometrilor.

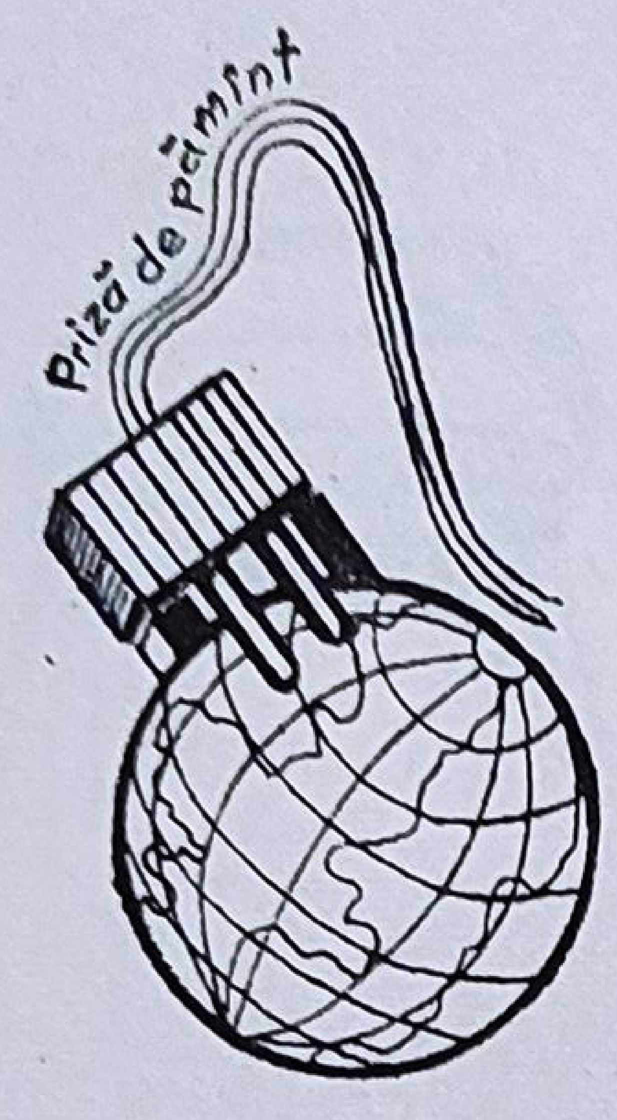
RECEPŢIONAREA UNDELOR



IGNOTUS : Pînă acum am vorbit numai de obţinerea şi emiterea undelor, dar care este modul de recepţie a acestora ?

CURIOSUS : Cu ajutorul unui colector de unde. El poate fi constituit dintr-o antenă de recepţie, adică de un conductor care fiind parcurs de undele electromagnetice le captează. Ele induc în acesta curenţi alternativi. Undele trec foarte uşor prin corpurile izolatoare. În schimb în cazul în care parcug corpurile conductoare ele pierd mai mult sau mai puţin din energia pe care o posedă.

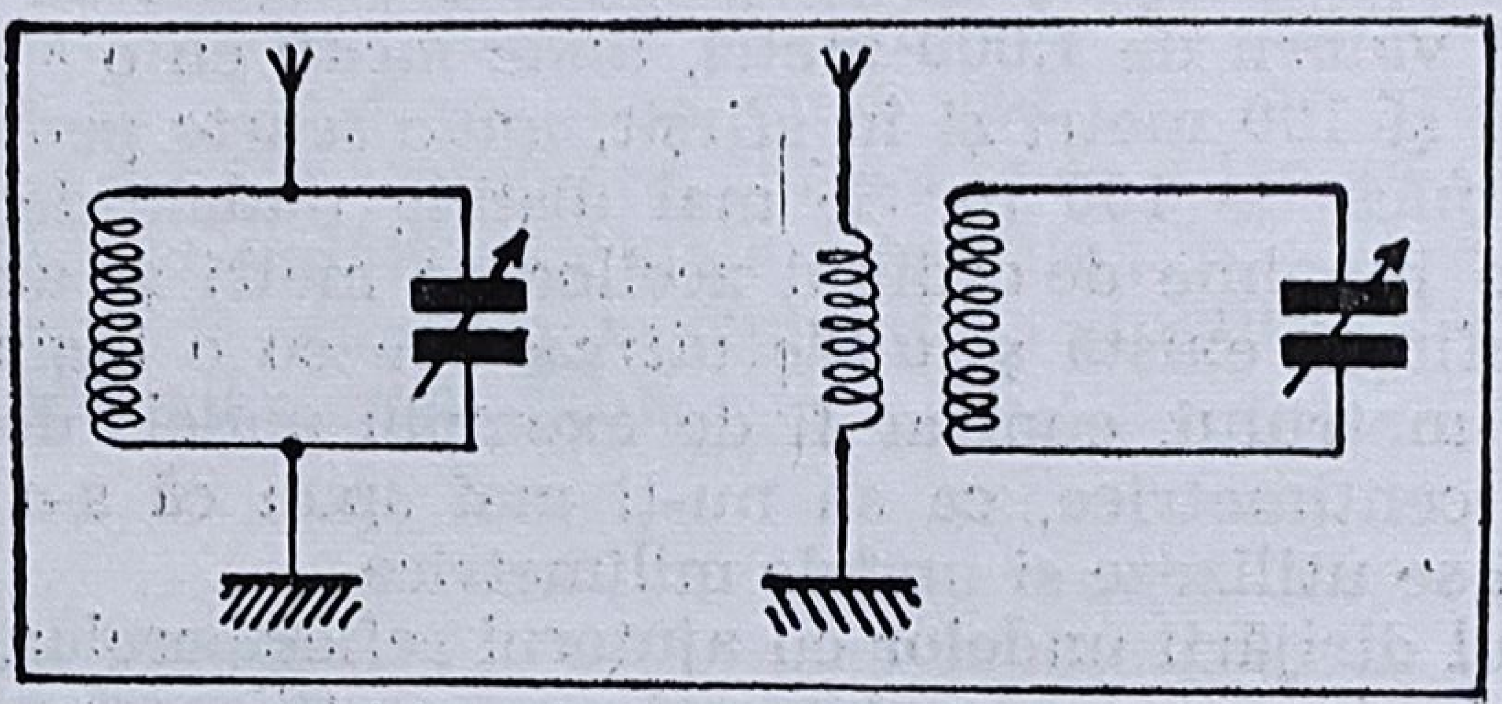
IGNOTUS : Dragul meu Curiosus, începe să-mi fie frică. Corpul omenesc este un bun conductor de electricitate. Prin aceasta înseamnă că toate emiţătoarele de radio şi televiziune induc mulţi curenţi în corpul meu ?



CURIOSUS : Bineînțeles. Dar fii liniștit : acești curenți posedă intensități atît de slabe încît în nici un caz nu pot să-ți pricinuiască un rău.

IGNOTUS : Cu atît mai bine. Explică-mi totuși, te rog, cum se comportă acești curenți în receptoarele de sunet sau de imagini ?

CURIOSUS : Și în aceste cazuri, curentul pe care undele electromagnetice îl induc în antenă, este foarte slab. Antena este conectată fie direct, fie prin inducție în circuitul oscilant de intrare al receptorului. Dacă acest circuit este *acordat* pe frecvența curentului captat, fenomenul de rezonanță dă naștere în circuitul oscilant respectiv unor tensiuni destul de mari.



La recepție, circuitul de acord poate fi conectat fie direct între antenă și masă, fie prin inducție cu o bobină parcursă de semnalele captate.

Pînă acum am vorbit numai de una din extremitățile antenei, cea care captează undele, cealaltă este conectată la pămînt printr-o priză sau conexiune de masă. Astfel undele electromagnetice fac ca din pămînt să urce și să coboare sarcini electrice, de care acesta nu duce nici un fel de lipsă. Același lucru se întîmplă și cu antenele emițătoare.

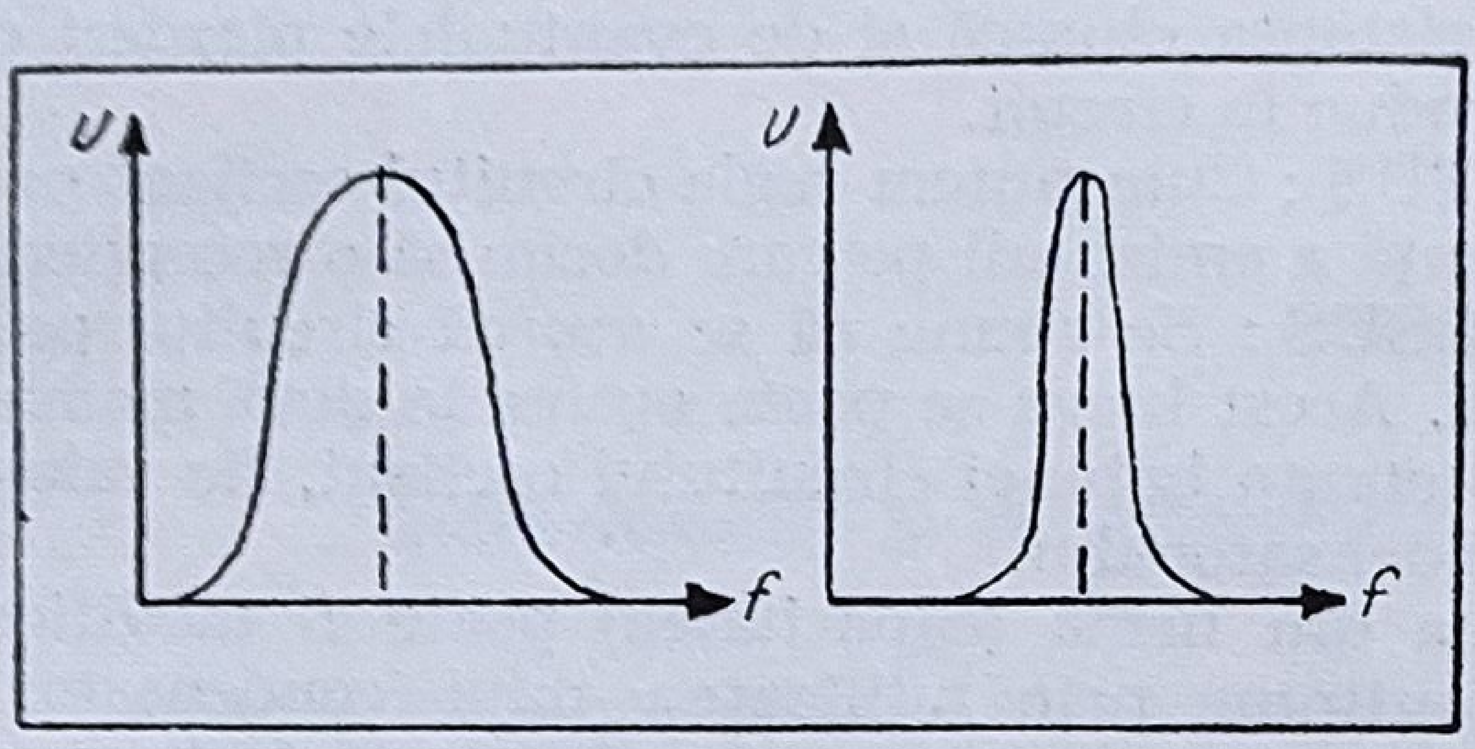
Dacă circuitul oscilant este conectat direct între antenă și pămînt iar acordul său este bine reglat pe frecvența de rezonanță, valoarea impedanței sale este ridicată și, din această cauză, căderea de tensiune ce se obține la bornele sale este ea însăși ridicată.

ACORD ȘI SELECTIVITATE

IGNOTUS : Ce se întîmplă în cazul în care circuitul oscilant nu este perfect acordat pe frecvența de rezonanță ?

CURIOSUS : În acest caz, impedanța sa scade, ceea ce are ca urmare scăderea în consecință a tensiunii la bornele acestuia.

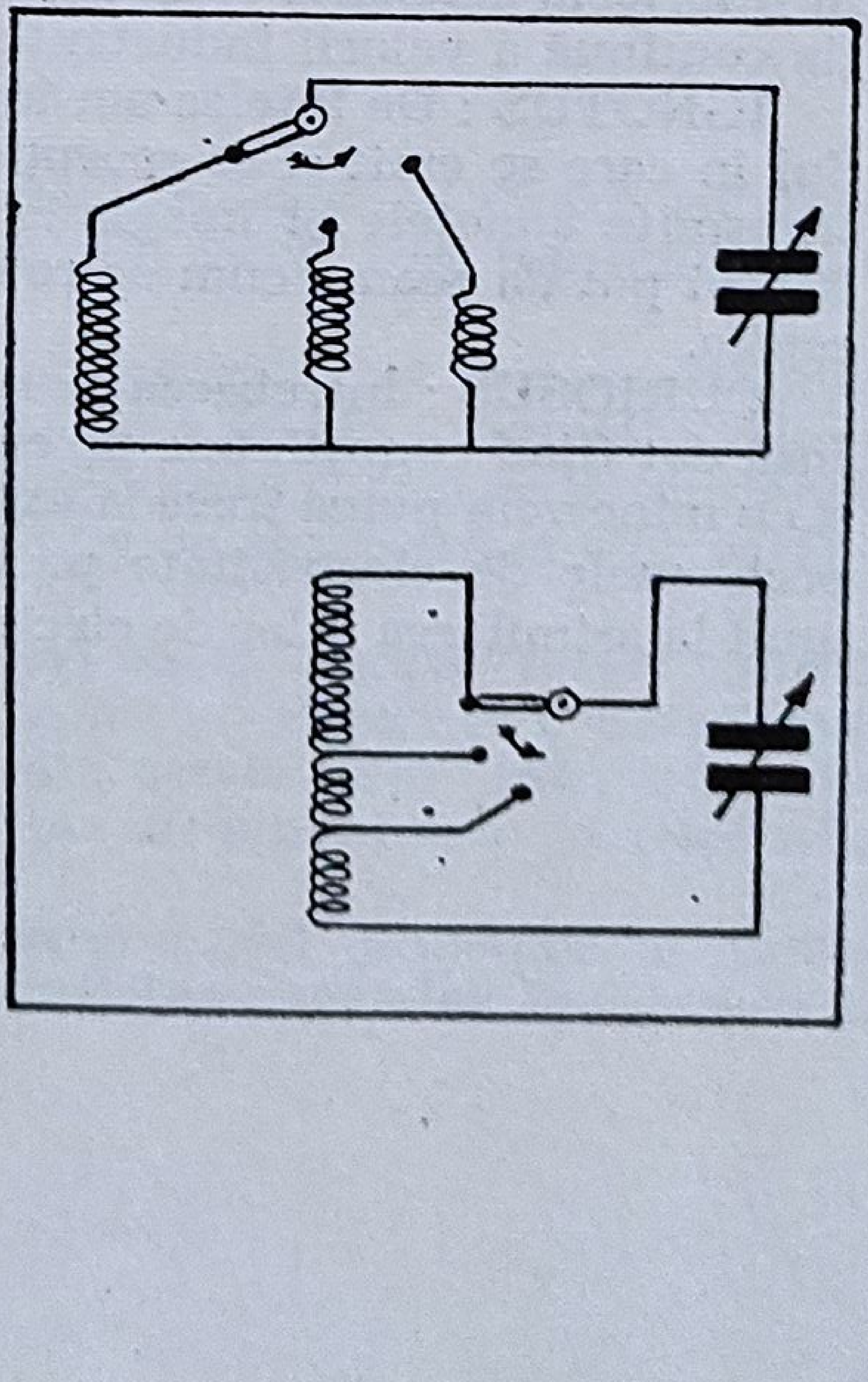
Tocmai acest fenomen stă la baza a ceea ce numim *selectivitatea circuitului* sau cu alte cuvinte aptitudinea sa de a recepţiona cît mai bine frecvenţele pe care este acordat.



Curbe care indică dependenţa tensiunii U de la bornele circuitului oscilant de frecvenţa semnalelor f ;
Selectivitatea slabă (stînga) ;
Selectivitatea bună (dreapta).

Curba de selectivitate pentru un circuit oscilant oarecare se poate ridica foarte uşor prin măsurarea la extremităţile (sau bornele) sale a tensiunii ce ia naştere pentru diverse frecvenţe ale curenţilor induşi. Sau mai pe scurt, curba indică variaţia tensiunii în funcţie de frecvenţă.

IGNOTUS : Ce anume factor determină forma acestei curbe ? Prin aceasta înţeleg lărgimea sau îngustimea sa. Căci, după părerea mea, cu cît curba este mai îngustă sau mai ascuţită, cu atît circuitul este mai selectiv.



Trecerea de la o gamă de unde la alta se obţine prin schimbarea valorilor inductanţelor ;
Trei bobine distincte (sus) ;
Comutatorul permite legarea succesivă în paralel pe condensator a celor trei bobine legate în serie (jos).

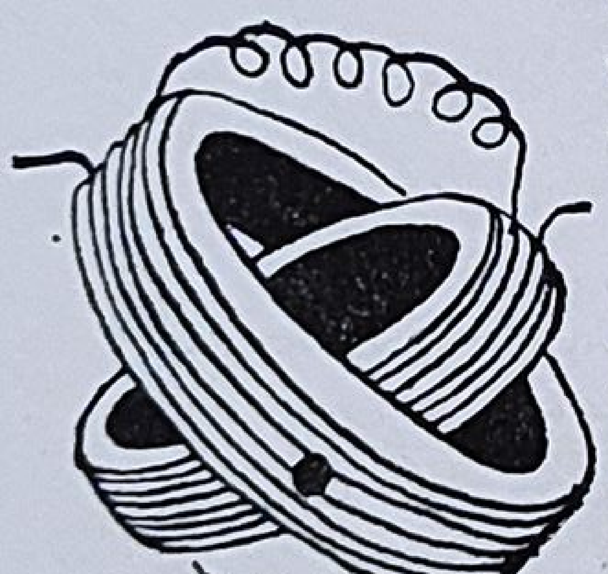
CURIOSUS : Nu te înşeli. Ceea ce determină gradul de selectivitate este *factorul de amortizare* a circuitului, factor a cărui valoare poate fi mai mică sau mai mare şi care depinde esenţial de rezistenţa ohmică şi de eventualele pierderi de energie care se produc în circuit.

IGNOTUS : Cum putem regla circuitul oscilant pe frecvenţa de rezonanţă a emisiunii pe care dorim să o recepţionăm ?

CURIOSUS : Se spune că se *acordă* circuitul pe frecvenţa respectivă. Acest lucru se poate obţine în două moduri : fie variind inductanţa bobinei circuitului oscilant, fie valoarea capacităţii condensatorului.

Aceasta din urmă (capacitatea) poate fi modificată foarte uşor şi continuu prin utilizarea unui condensator variabil. Aceasta permite obţinerea acordului perfect pe frecvenţa dorită.

În ceea ce priveşte bobina, valoarea inductanţei sale poate fi modificată dar în mod discontinuu şi acest mod se foloseşte numai în trecerea de la o gamă de unde la alta ca de exemplu, de la gama de unde lungi în gama de unde scurte. În acest scop receptorul este prevăzut cu un comutator care permite conectarea în circuitul oscilant a diverselor prize pe care le posedă o bobină de valoare mare. În acest fel din întreaga bobină se utilizează diverse porţiuni care corespund valorilor de inductanţe necesare diverselor game de unde.



În trecut se utilizau bobine cu variaţie continuă a inductanţei. Se realizau astfel, de exemplu, diverse *variometre* compuse din două bobine legate în serie şi care se puteau roti una în interiorul celeilalte (vezi figura) astfel încît se obţinea variaţia continuă a valorii inductanţei lor mutuale.

IGNOTUS : De înţeles am înţeles. Am priceput chiar şi modul în care se emit şi se recepţionează undele. Dar cum se pot transmite sunetele şi imaginile ? Şi mai este ceva nelămurit. Nu-mi pot da seama cum se reuşeşte reproducerea lor prin recepţie.

CURIOSUS : Întrebarea ta necesită o mulţime de explicaţii. Însă dat fiind cunoştinţele pe care le-ai acumulat, unchiul meu şi cu mine vom putea trece la expunerea acestor probleme. Toate problemele de electricitate pe care le-ai studiat îţi vor ajuta mult la asimilarea celor de electronică.

Profesorul Radiol descrie

Emițătoarele și receptoarele de radiodifuziune

Cum pot fi transformate sunetele în semnale electrice ? Cum se înglobează aceste semnale în undele electromagnetice ? Cum sînt recepționate, selecționate și amplificate undele ? Cum se extrag din ele semnalele sonore și cum se reproduc sunetele inițiale ? Toate acestea sînt explicate fără a intra în amănuntele schemelor electronice.

Ascultînd ultima voastră convorbire, am constatat că ați pătruns destul de adînc în domeniul radiotehnicii.

Fără a intra în amănunte, vreau să încerc să-ți explic principiile fundamentale ale acestei tehnici.

UNDELE SONORE

Undele electromagnetice stabilesc legătura dintre emițător și receptoare. Tu, dragă Ignotus, vrei să știi cum transmit aceste unde sunetele și imaginile.

Un curent de înaltă frecvență reprezentat prin curba numită *sinusoidă* nu transportă nici un fel de informație. Alternanțele sinusoidei au aceeași amplitudine și frecvență constantă. Undele de înaltă frecvență produse de acest curent sînt perfect uniforme.

Emise cu întreruperi, uneori cu o durată foarte scurtă — ceea ce ar corespunde unui punct — alteori cu o durată mai lungă, corespunzătoare unei linii, aceste unde pot transmite literele alfabetului Morse. Așa se procedează în telegrafia fără fir.

Vreau să-ți vorbesc acum despre acel principiu al radiofoniei pe care se bazează transmiterea sunetelor. Nu știu în ce

măsură cunoşti noţiunile elementare de acustică. Să lămurim deci, ce este sunetul.

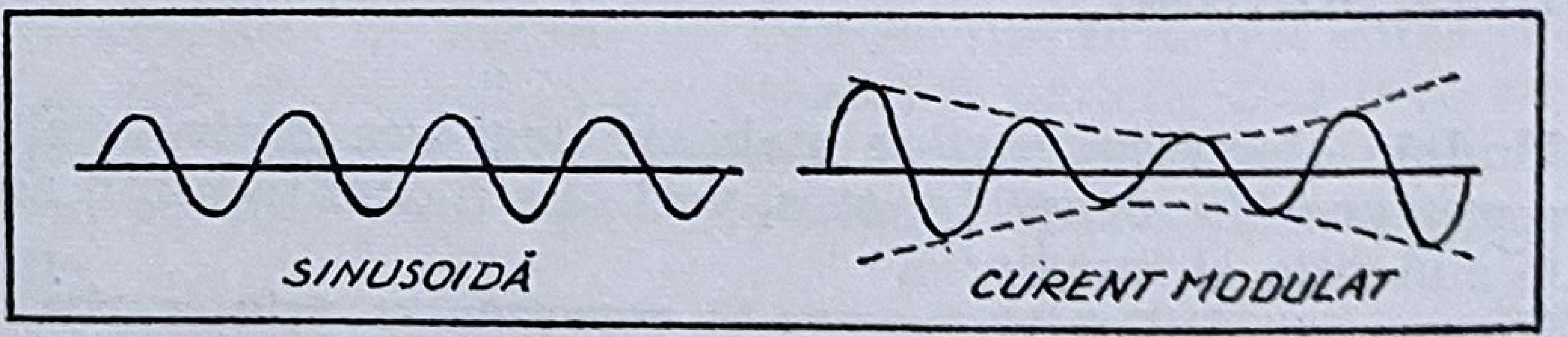
Sunetul se prezintă sub forma unei succesiuni de unde care se propagă în aer cu viteza de 340 de metri pe secundă. Ele pot lua naştere de exemplu, prin vibraţia coardelor noastre vocale (acest fenomen se produce acum, cînd vorbesc) sau prin vibraţia coardelor instrumentelor muzicale. În general, undele sonore pot fi produse de toate fenomenele care provoacă alternativ comprimarea şi destinderea aerului.

Frecvenţa vibraţiilor trebuie să fie cuprinsă, pentru sunetele ce se aud, între 16 şi 20 000 de perioade pe secundă. Această gamă cuprinde toate sunetele, de la cele mai grave, a căror frecvenţă este foarte coborîtă, pînă la cele mai ascuţite. Este interesant că, pe măsură ce înaintăm în vîrstă, capacitatea noastră de a percepe sunetele mai ascuţite scade, astfel că limita superioară a frecvenţelor pe care le auzim coboară la 15 000 sau chiar la 12 000 de perioade pe secundă.

Fenomenul se datorează scăderii elasticităţii membranelor din urechile oamenilor în vîrstă. Aceste membrane vibrează sub acţiunea undelor sonore, iar vibraţia lor se transmite nervilor acustici şi crează în creier senzaţia de sunet.

Observi probabil, că există o anumită analogie între emisia şi recepţia undelor radio, pe de o parte şi transmiterea sunetelor, pe de altă parte.

Să vedem acum, în ce mod pot fi transportate sunetele, cu ajutorul undelor electromagnetice. Pentru aceasta, va trebui să transformăm întîi sunetele în semnale electrice şi să le înglobăm apoi în curentul de înaltă frecvenţă care generează undele.



Curentul modulat are o formă sinusoidală.

Curentul care se obţine la recepţie este, în general, foarte mic. El trebuie să fie supus în primul rînd unei operaţii de întărire, numită amplificare. În continuare, trebuie să se extragă semnalele sonore care urmează să fie, la rîndul lor, amplificate. După amplificare, ele vor fi reconvertite în unde sonore.

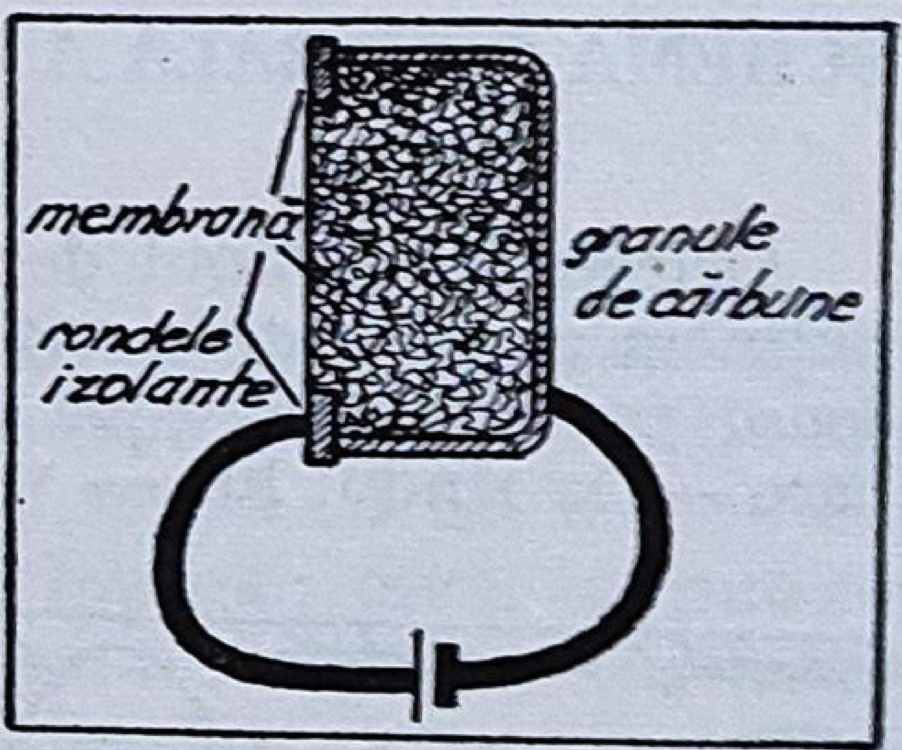
Cum se realizează toate aceste operaţii ? Nu am timp să ţi le explic amănunţit pe toate, dar mă voi strădui să ţi le descriu în linii mari.

DIVERSE MICROFOANE

Să vedem, mai întîi, cum se transformă sunetele în semnale electrice. După cum știi, în acest scop se folosesc *microfoanele*. Indiferent de principiul său de funcționare, un microfon conține o membrană elastică care vibrează sub acțiunea undelor sonore. Observi deci că microfonul este un fel de ureche electrică.

Pentru ca vibrațiile să fie transformate în curenți sau tensiuni electrice variabile, mișcările membranei trebuie să acționeze fie asupra unei rezistențe, fie asupra unei bobine, fie asupra unui condensator.

Microfonul din aparatele telefonice aparține primei categorii. Interiorul unei capsule metalice, căreia membrana metalică îi servește drept capac, este umplut cu granule de cărbune. Sub presiunea variabilă a membranei, rezistența granulelor variază, scăzînd la fiecare comprimare și crescînd cînd membrana nu mai presează.

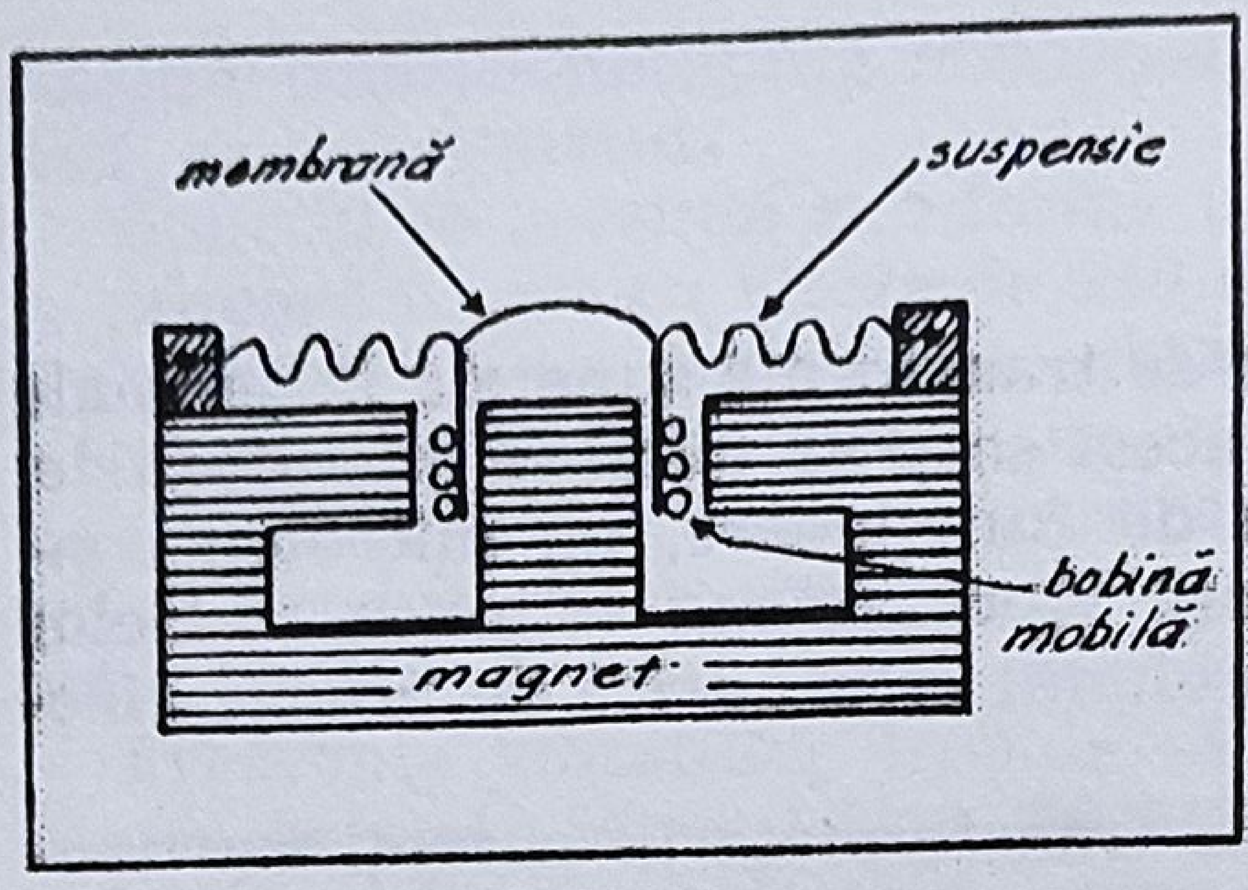


Microfon a cărui rezistență electrică variază sub acțiunea undelor sonore.

Dacă vom aplica o tensiune între membrană și capsulă, vom obține un curent a cărui intensitate variază în ritmul undelor sonore și este proporțională cu amplitudinea lor.

Se mai poate construi un microfon, fixînd de membrană o bobină mică așezată în circuitul unui magnet permanent inelar. *Microfonul dinamic* astfel construit este foarte fidel și foarte sensibil. Înțelegi desigur că în bobina care întretaie, în mișcarea ei, liniile de forță ale cîmpului magnetic, va lua naștere un curent care reproduce perfect sunetele.

În sfîrșit, putem face să varieze, sub acțiunea undelor sonore, capacitatea unui *microfon electrostatic*. Acest tip de microfon este alcătuit dintr-o membrană extrem de subțire, așezată foarte aproape de un electrod (adică un conductor)

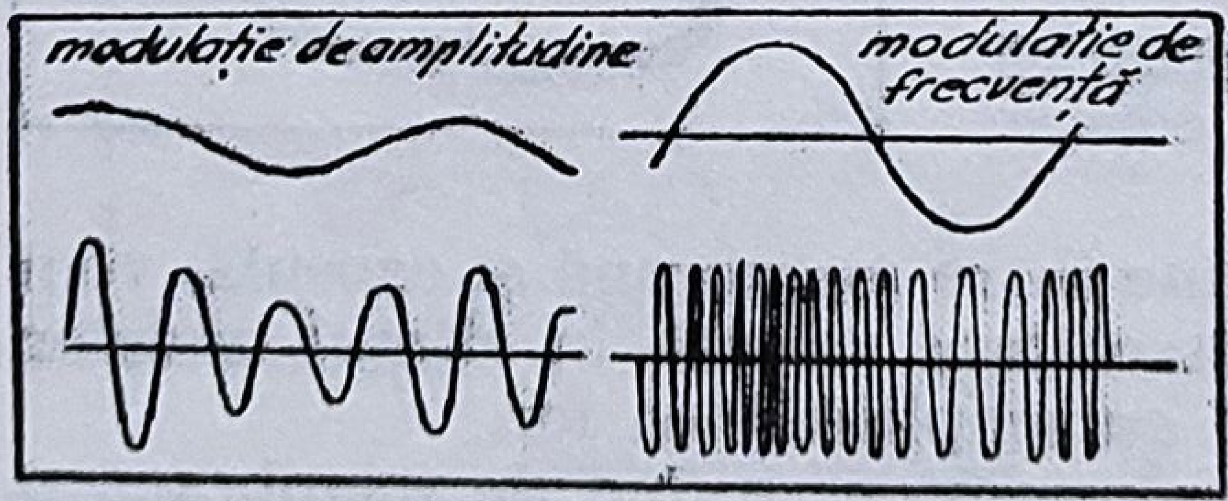


Microfon dinamic în care o bobină vibrează în cîmpul unui magnet permanent.

plan, paralel cu ea. Vibrațiile membranei, produse de undele sonore, determină variații ale capacității de cîteva zeci de picofarazi dintre membrană și electrodul plan. Pe armăturile acestui condensator se aplică o tensiune de cîteva sute de volți. Ai înțeles desigur, că variațiile capacității dau naștere unor curenți de încărcare și de descărcare care reproduc cu fidelitate sunetele.

SCHEMA GENERALĂ A LANȚULUI DE EMISIE

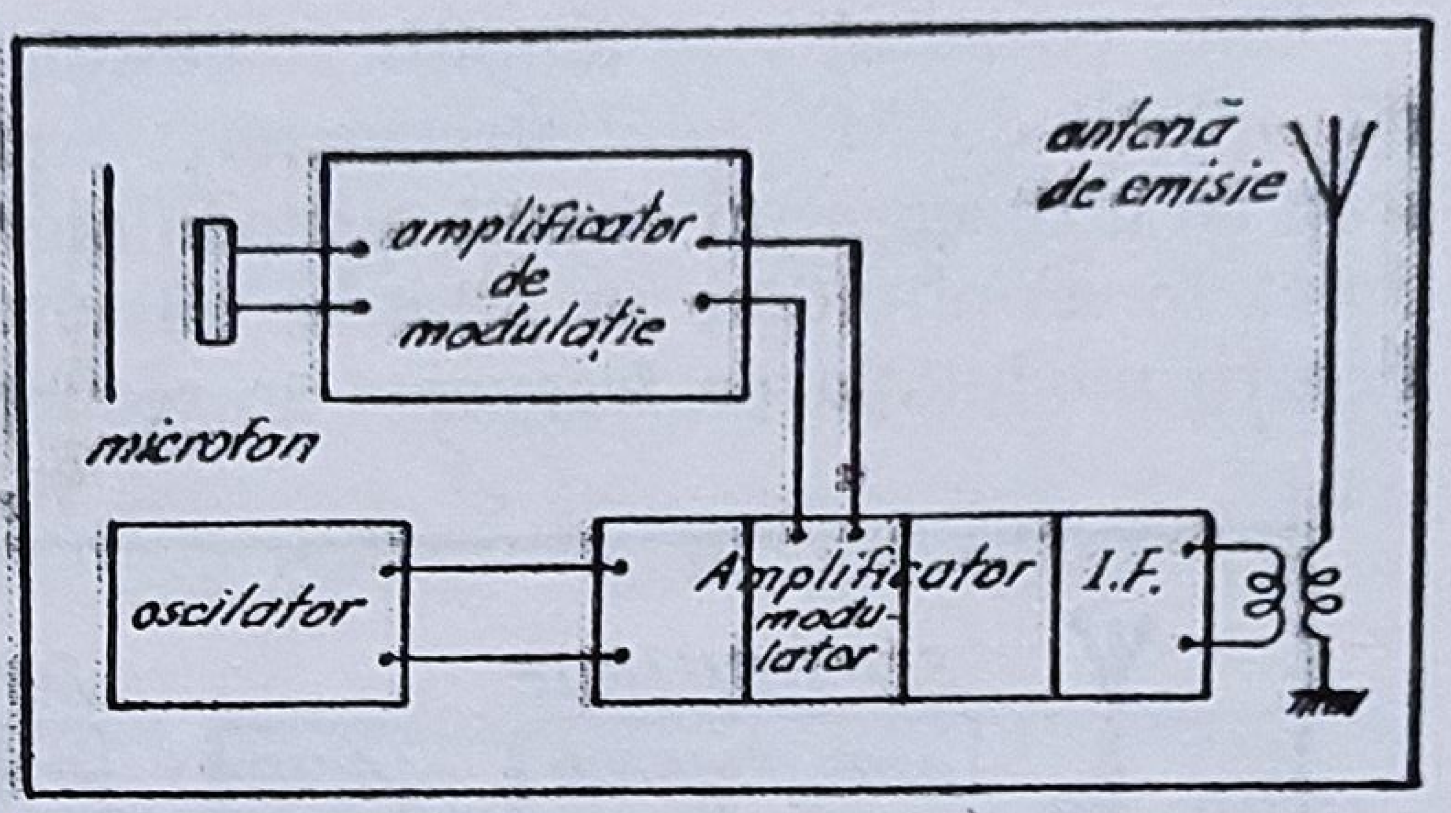
Oricare ar fi tipul de microfon utilizat, el ne permite să obținem un curent de *audiofrecvență* (se folosește și termenul *joasă frecvență*) care va *modula* curentul de înaltă frecvență care — la rîndul lui — va da naștere undelor.



sus — tensiunile modulatoare, *jos* — curentul de înaltă frecvență modulat în amplitudine sau în frecvență.

A modula înseamnă a modifica, în conformitate cu forma curentului de joasă frecvență, una din cele două caracteristici esențiale ale curentului de înaltă frecvență : amplitudinea sau frecvența. Vei trage deci concluzia că există două sisteme diferite de emisie a programelor de radiodifuziune : cu *modulație de amplitudine* și cu *modulație de frecvență*.

În primul caz, frecvența curentului care produce undele rămîne constantă și variază doar amplitudinile diverselor perioade.



Structura unui emițător radio.

În modulația de frecvență, amplitudinea curentului de înaltă frecvență este cea care rămîne constantă ; în schimb frecvența lui variază, mai mult sau mai puțin, în jurul unei valori medii.

Curentul modulat este amplificat, înainte de a fi trimis în antena de emisie, în care produce undele purtătoare care transportă sunetul.

Succesiunii tuturor acestor elemente, de la microfon pînă la antena de emisie, i se mai spune uneori și *lanț de emisie*.

STRUCTURA RECEPTOARELOR

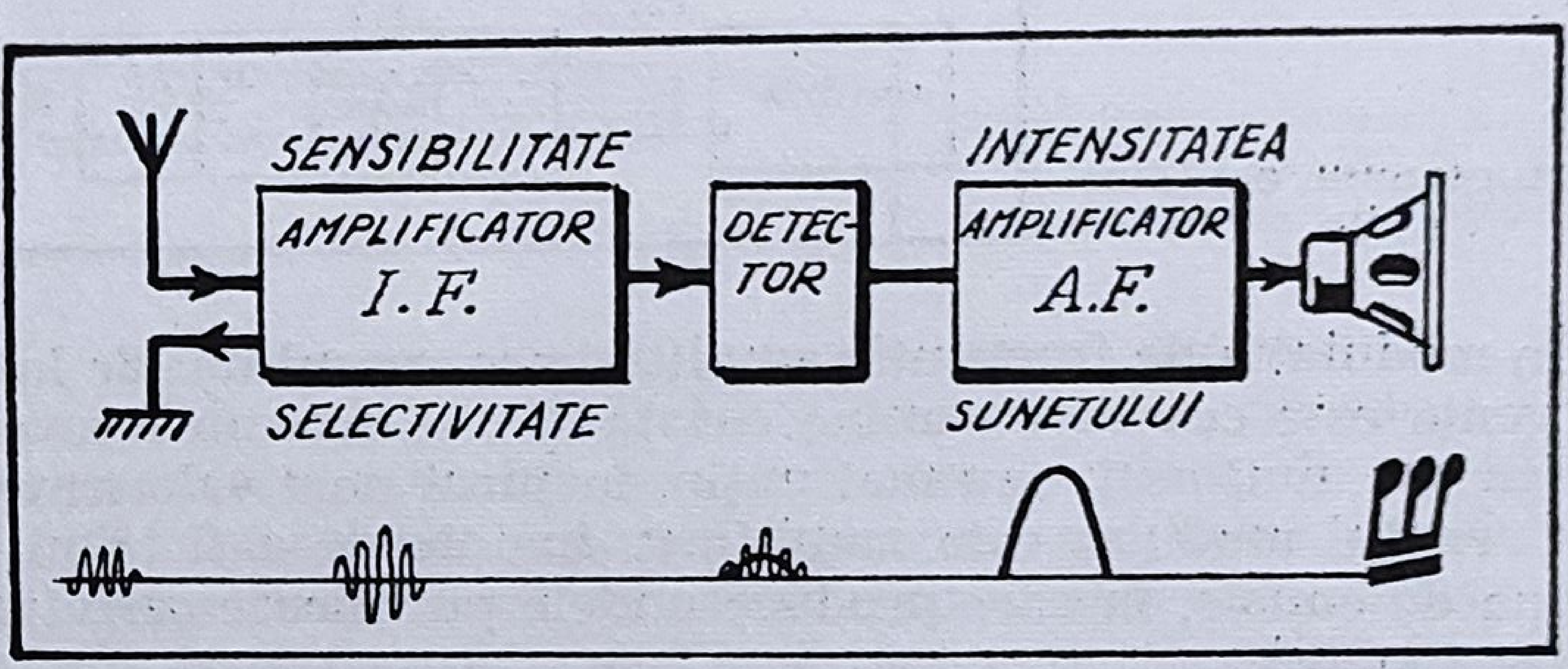
Urmărind undele în calea lor, vom ajunge, împreună cu ele, la receptoare. Acolo, în antenele de recepție, undele noastre dau naștere unui curent care are aceeași formă cu cel din antena de emisie, dar este mult mai mic. Înțelegi, cred, că puterea emițătorului, care poate ajunge la sute de kilowați în cazul stațiilor mari de radiodifuziune, se distribuie în spațiu pe sute și chiar pe mii de kilometri, în toate direcțiile. Deci colectorul tău de unde va căpăta doar o energie infimă. Fac excepție numai cei care locuiesc în vecinătatea unui emițător și — după cîte știu — tu nu ești în această situație.

Deci, în primul rînd, trebuie amplificat curentul recepționat. Și numai un anumit curent, căci în antenă se induc curenți produși de undele unui mare număr de emițătoare.

Pentru a selecționa curentul pe care vrei să-l asculți, va trebui să profiți de selectivitatea circuitului de intrare, acordîndu-l pe frecvența emițătorului dorit.

În general în partea de IF (înaltă frecvență) a receptorului se folosesc mai multe circuite acordate pentru a asigura o selectivitate bună.

Cînd curentul este amplificat destul, se trece la extragerea curentului de AF (audiofrecvenţă) care l-a modulat. În acest scop se utilizează un circuit demodulator. Pentru curentul modulat în amplitudine se folosesc circuite numite *detectoare.* Pentru modulaţia de frecvenţă se recurge la *demodulatoare.*

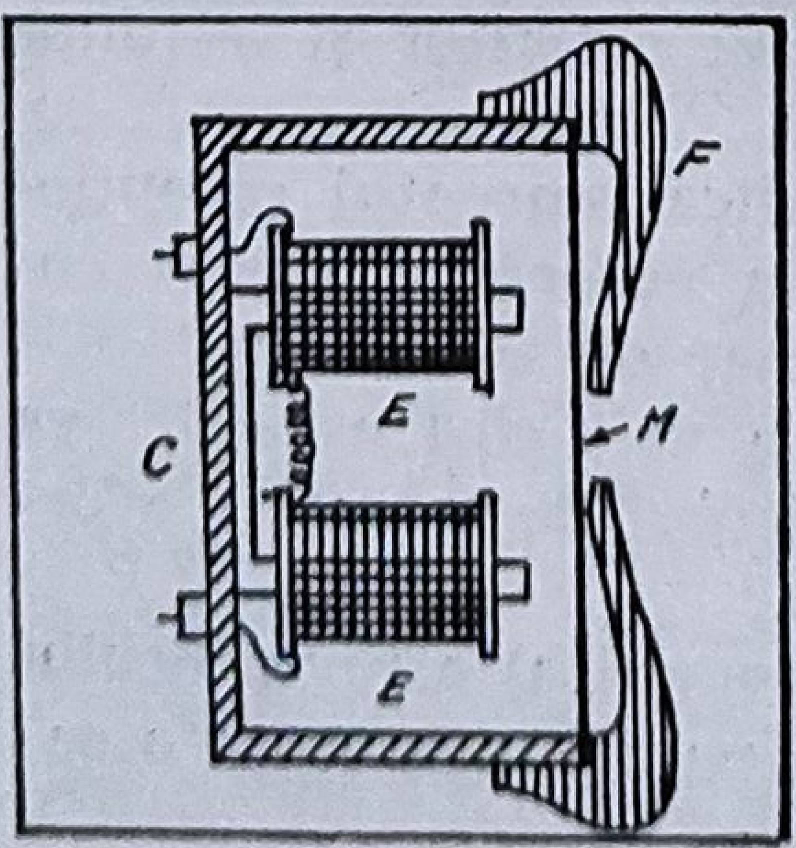


Structura generală a unui radioreceptor şi forma curenţilor în diferitele elemente care îl compun.

După ce se reconstituie curentul de AF, este necesar să-l amplificăm, înainte de a-l transforma din nou în sunete.

CĂŞTI ŞI DIFUZOARE

Această ultimă operaţie se face cu ajutorul unor *căşti,* dacă vrei să asculţi singur fără să-ţi deranjezi vecinii, sau cu ajutorul unui *difuzor,* dacă eşti generos şi vrei să oferi şi celor din jur posibilitatea să asculte.

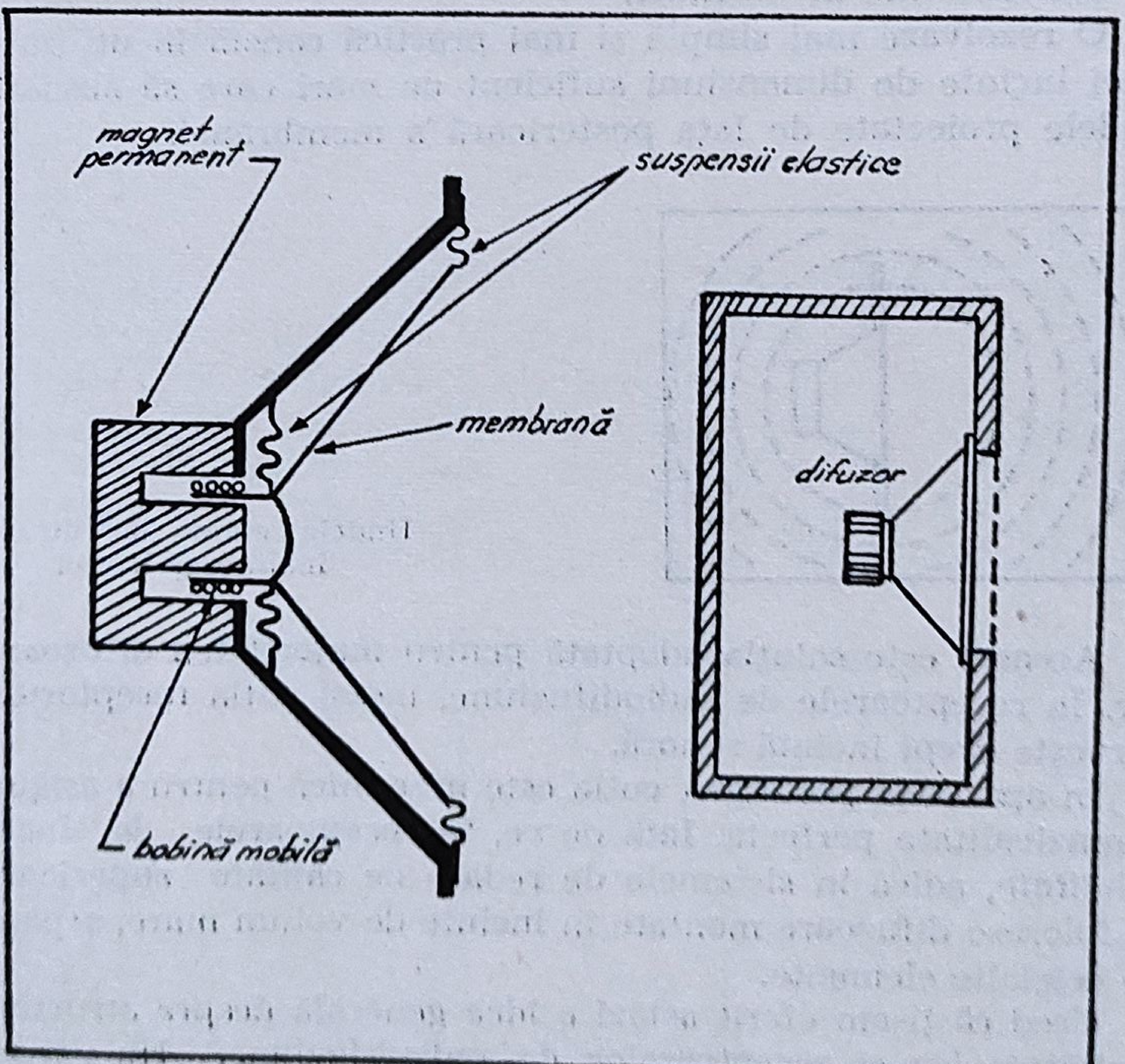


Casca telefonică:
E — electromagneţi; *C* — cutia capsulei; *M* — membrană; *F* — capac care fixează membrana pe capsulă.

Cele mai răspîndite căști sînt cele electromagnetice. O astfel de cască este compusă dintr-o membrană de oțel așezată în fața unui electromagnet. Cînd bobinajul electromagnetului este străbătut de curentul de audiofrecvență, membrana vibrează și produce unde sonore.

Pînă nu de mult, difuzoarele se bazau pe același principiu ca și casca pe care ți-am descris-o. În fața membranei se fixa o pîlnie de formă aproximativ conică. Pîlnia avea rolul de a dirija undele sonore.

Astăzi se folosesc peste tot *difuzoarele electrodinamice* al căror principiu de funcționare este similar cu cel al microfoanelor dinamice. Pe o membrană elastică destul de mare, de formă conică, confecționată din carton sau din material plastic, este fixată la capătul mai îngust o bobină mobilă străbătută de curentul de audiofrecvență. Această bobină de formă cilindrică este așezată în întrefierul inelar al unui puternic magnet permanent.



Difuzor electrodinamic

Deduci desigur că fenomenul care se va produce va fi inversul celui din microfonul dinamic : la fiecare alternanță a curentului, bobina mobilă va fi deplasată înainte și înapoi, datorită interacțiunii dintre cîmpul ei magnetic variabil și cel al magnetului permanent.

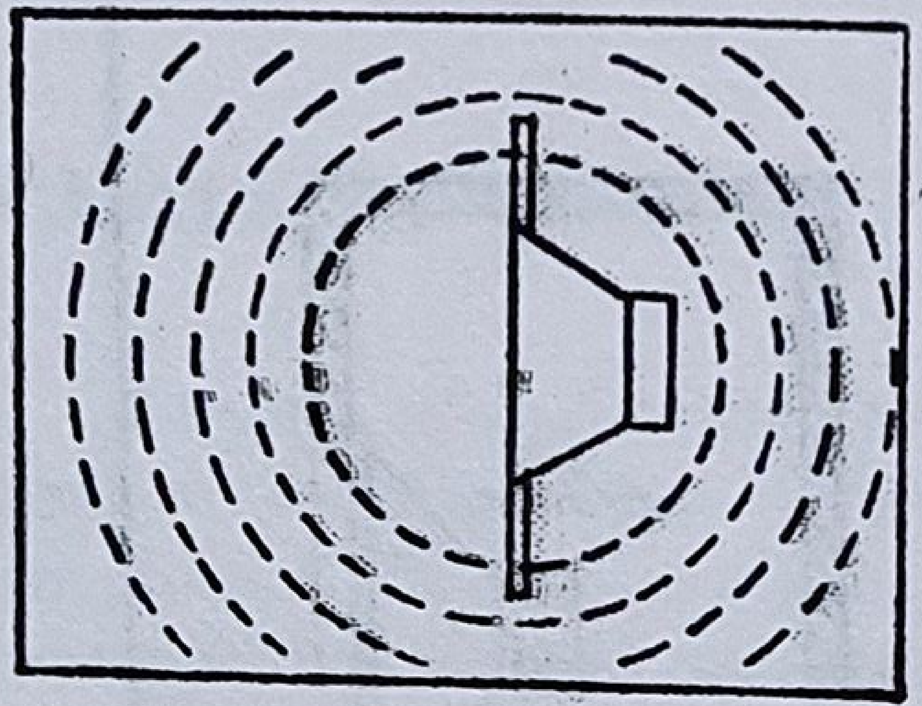
Fiind fixată de bobina mobilă, membrana vibrează și produce, datorită dimensiunilor sale mari, unde sonore puternice.

Totuși, faptul că membrana proiectează undele sonore atît înainte cît și înapoi are ca efect atenuarea sunetelor grave. Din cauza lungimii de undă mai mari, sunetele grave difuzate înapoi pot ajunge în fața membranei și, fiind în opoziție cu cele emise direct înainte, se atenuează reciproc cînd se întîlnesc.

Pentru a evita acest inconvenient, trebuie să se separe undele din față de cele din spate. În acest scop se folosește un ecran de lemn. Pentru a fi eficace, un astfel de ecran ar trebui să aibă cîțiva metri și ar ocupa prea mult loc.

O altă variantă ar fi să se perforeze într-un perete un cerc de dimensiunile membranei.

O rezolvare mai simplă și mai practică constă în utilizarea unei incinte de dimensiuni suficient de mari care să absoarbă undele proiectate de fața posterioară a membranei.



Undele emise de difuzor înainte și înapoi

Aceasta este soluția adoptată pentru majoritatea difuzoarelor. În receptoarele de radiodifuziune, însăși cutia receptorului servește drept incintă sonoră.

În aparatele portative, cutia este prea mică pentru a asigura o muzicalitate perfectă. Iată de ce, în receptoarele de *înaltă fidelitate*, adică în sistemele de redare de calitate superioară, se folosesc difuzoare montate în incinte de volum mare, separat de celelalte elemente.

Cred că ți-am oferit astăzi o idee generală despre structura emițătoarelor și receptoarelor de radiodifuziune. Nu ți-am explicat însă nici una din metodele de amplificare, de modulație

sau de detecţie şi nici modul în care sînt produse oscilaţiile de înaltă frecvenţă.

Pentru ca să înţelegi toate acestea, va trebui să înveţi întîi funcţionarea tuburilor electronice, a tranzistoarelor şi a altor componente pe bază de semiconductoare.

Prespun că veţi aborda aceste subiecte la întîlnirea voastră viitoare.

Convorbirea a 6-a

De la cadru la diodă

Antena clasică nu constituie singurul mijloc cu ajutorul căruia se pot capta undele radioelectrice. Curiosus îi explică lui Ignotus cum se poate folosi în acest scop antena cadru.
Curiosus descrie în continuare structura și funcționarea tubului electronic numit diodă, examinează utilizările acestuia în redresare și detecție, și vorbește, în încheiere, despre vechile receptoare cu galenă.

CADRELE COLECTOARE DE UNDE

CURIOSUS: Acum, dragul meu Ignotus, ți-ai format, cu ajutorul explicațiilor pe care ți le-a dat unchiul meu, o imagine destul de clară despre modul în care se realizează legăturile radiofonice. Putem deci să trecem la studiul principalelor elemente utilizate în acest scop. Să începem cu tuburile electronice.

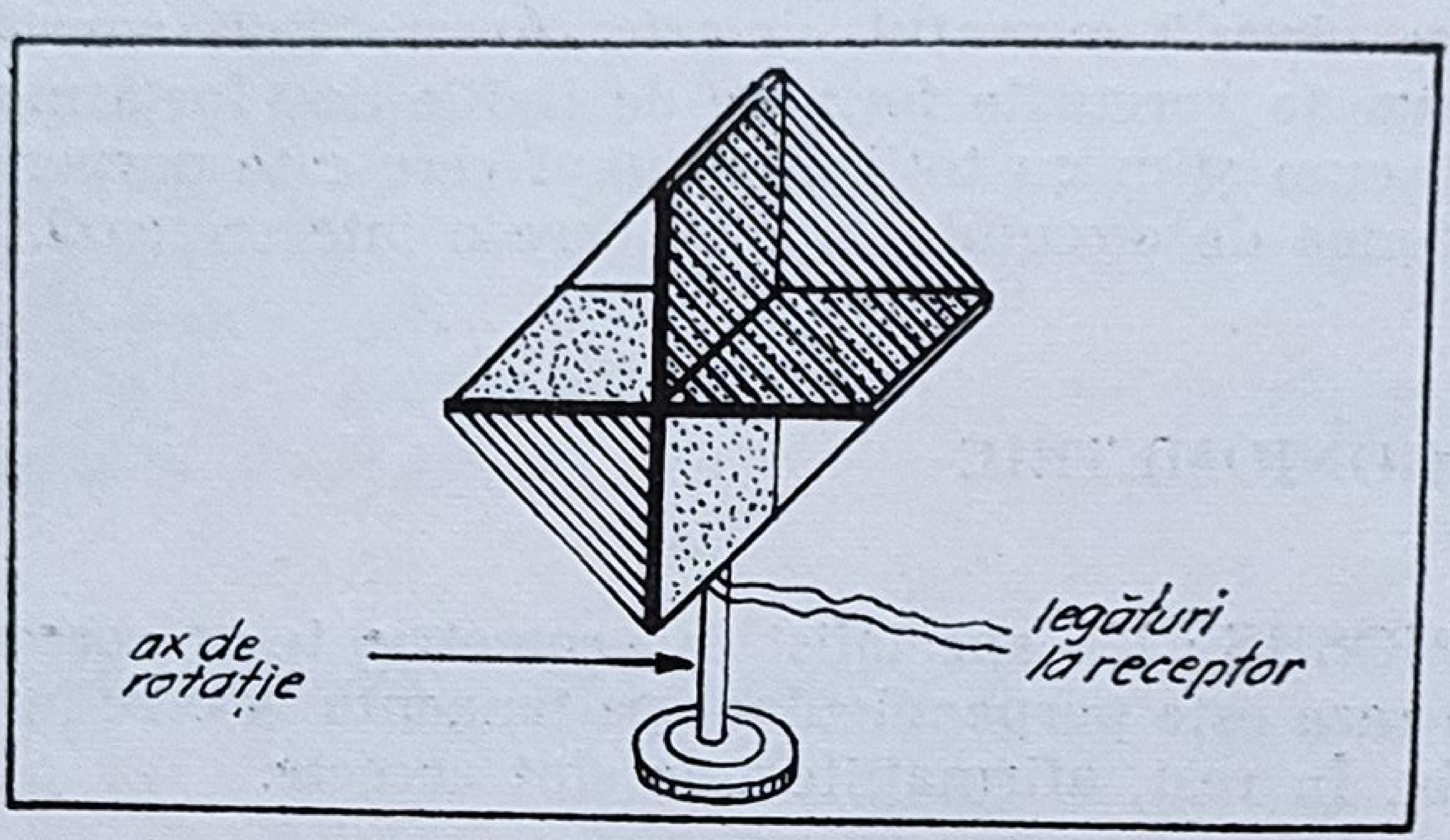


IGNOTUS: Există totuși ceva ce nu pricep. După spusele unchiului tău, undele induc în antena de recepție un curent foarte mic. Presupun că antena este formată dintr-un fir conductor de o anumită lungime. Dar receptorul meu portativ cu tranzistoare funcționează perfect fără nici un fel de antenă. Este suficient să-l orientez într-o direcție, care depinde de emițătorul pe care vreau să-l recepționez, pentru ca să aud foarte bine programul. Cum este posibil acest lucru, fără antenă?

CURIOSUS: Greșești afirmînd că aparatul nu are antenă. Receptorul tău are un colector excelent de unde, care nu este o antenă obișnuită, ci un cadru.

Pînă acum ştiam că doar bicicleta are cadru... Ce-o mai fi şi cadrul ăsta care recepţionează undele ?



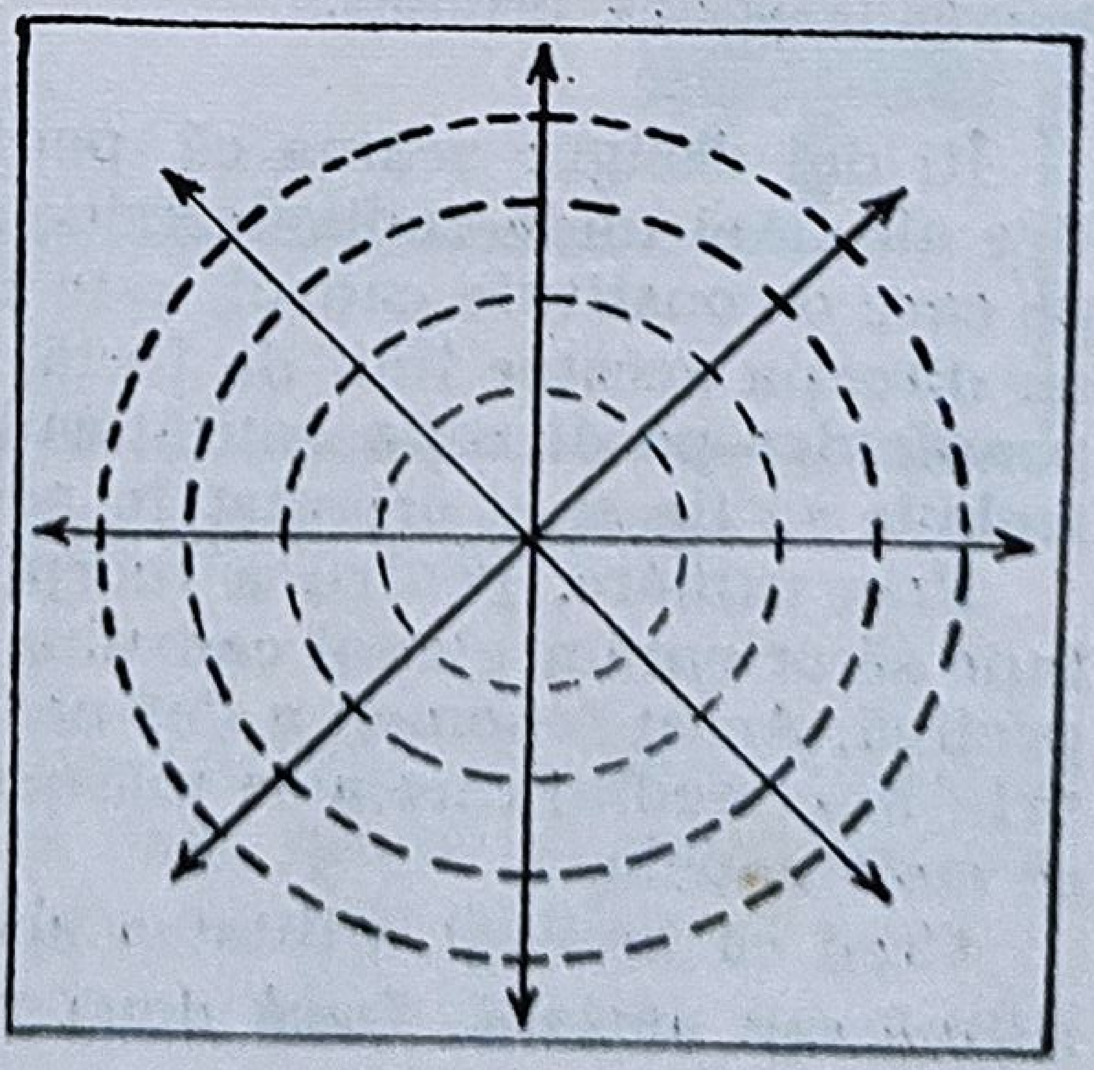


Antenă cadru pentru captarea undelor electromagnetice.

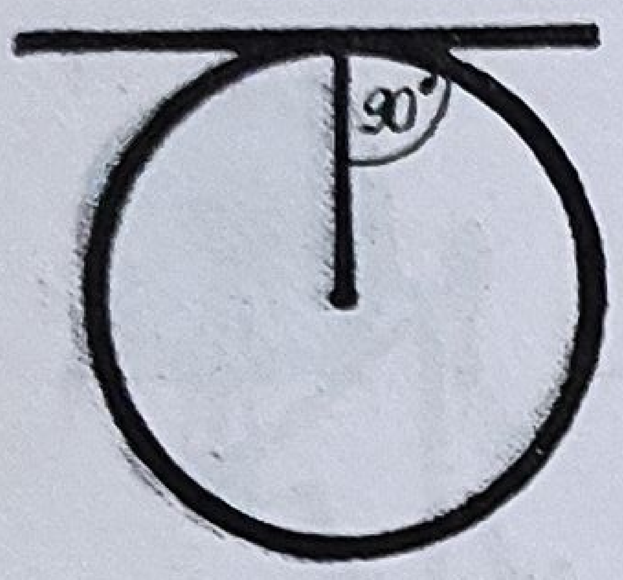
Mai demult, se foloseau antene cadru dispuse în afara cutiei radioreceptoarelor. Un cadru se realizează prin bobinarea unui număr de spire în jurul o două tije de lemn, fixate în cruce. Se obţine, prin urmare, o bobină de formă patrată. Una din cele două tije constituie suportul şi, fiind dispusă vertical, serveşte drept ax de rotaţie. Învîrtindu-se în jurul acestui ax, bobina poate fi orientată în toate direcţiile.



Undele electromagnetice dau naştere, aşa cum arată şi numele lor, atît unor linii de forţă electrice cît şi unor linii de forţă magnetice...



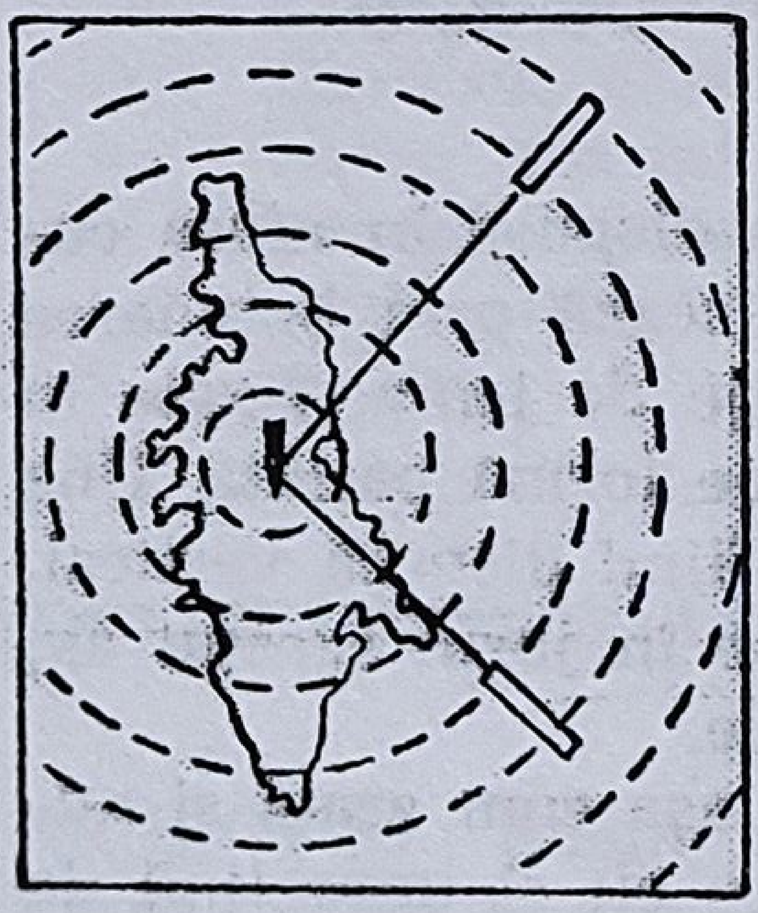
Antena de emisie, reprezentată prin punctul central, creează linii de forţă electrice, figurate sub formă de săgeţi, şi linii de forţă magnetice (cercurile punctate).



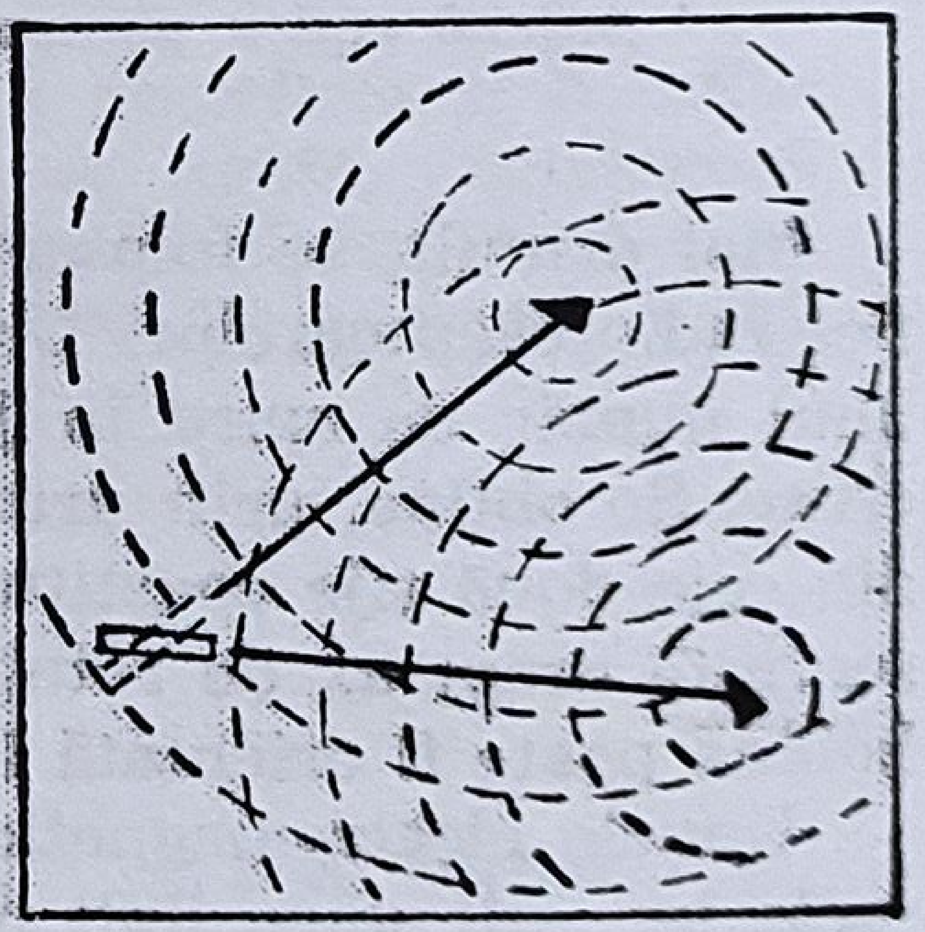
IGNOTUS : ...Perpendiculare unele pe altele. Liniile de forţă electrice sînt orientate paralel cu direcţia de propagare, deoarece ele trebuie să fie perpendiculare pe antena de emisie prin care circulă curentul electric. Aceste linii constituie un fel de raze în cercurile formate de liniile de forţă magnetice. Şi, după cum ştim cu toţii, raza unui cerc este perpendiculară pe porţiunea de circumferinţă pe care o intersectează.

RADIOGONIOMETRIE

CURIOSUS : Un specialist în geometrie te-ar corecta, spunînd că raza este perpendiculară pe tangenta la cerc în punctul respectiv. În rest, afirmaţiile tale sînt corecte.



Dirijînd două antene cadru către un emiţător, putem determina poziţia acestuia.

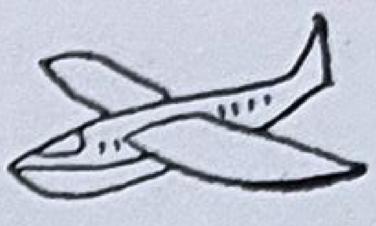


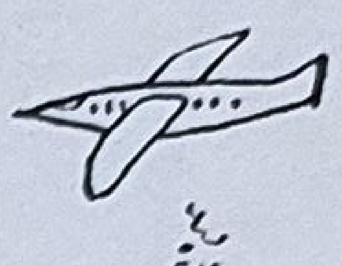
Dirijînd cadrul spre două emiţătoare, putem stabili poziţia receptorului.

Îţi dai desigur seama că, pentru ca liniile de forţă magnetice ale unei unde radioelectrice să inducă un curent în bobina pe care o constituie cadrul, este necesar ca axul său să coincidă cu direcţia acestor linii de forţă. Şi cum ele sînt orientate perpendicular pe direcţia emiţătorului, planul spirelor din cadru trebuie să fie şi el orientat în aceeaşi direcţie.

Prin urmare, pentru a recepţiona un anumit emiţător, trebuie să orientăm planul cadrului, perpendicular pe direcţia respectivă. Acest fenomen a dat naştere *radiogoniometriei*, tehnica prin intermediul căreia se măsoară cu precizie direcţia din care se emit undele.

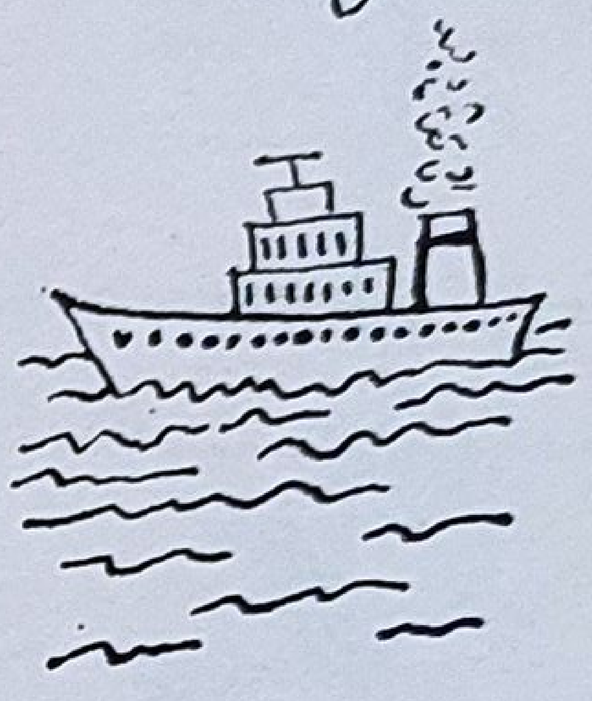
Cred că înţelegi utilitatea acestei metode în navigaţia maritimă sau aeriană. Dacă două radiogoniometre, aflate la dis-





tanță destul de mare unul de altul, stabilesc fiecare, direcția din care sosesc undele emise de o navă sau de un avion, poziția acestuia se stabilește cu ușurință intersectînd pe o hartă dreptele respective.

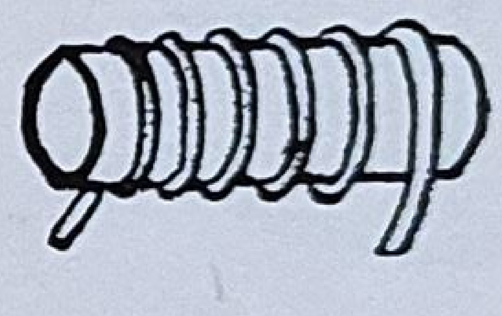
IGNOTUS : Mă întreb dacă nu este posibil să se procedeze și invers, adică să se determine poziția unei nave sau a unui avion, stabilind direcțiile față de două emițătoare fixe a căror poziție este cunoscută.



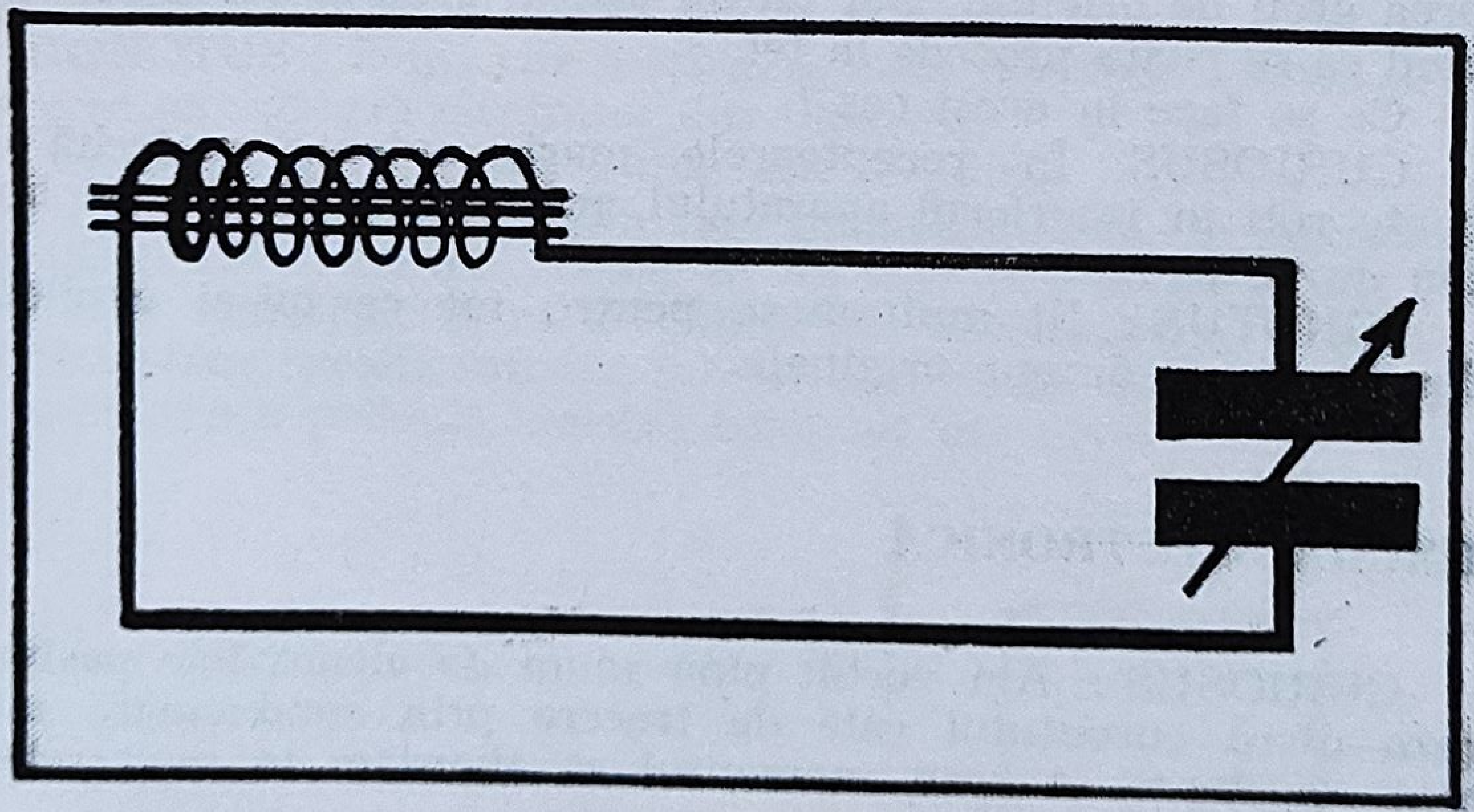
CURIOSUS : Această metodă are o largă răspîndire în navigație și în aeronautică.

ANTENE CU MIEZ FEROMAGNETIC

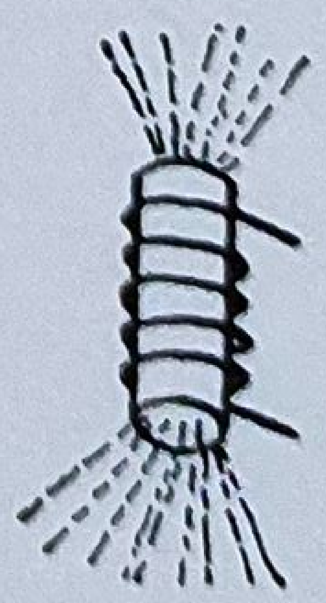
IGNOTUS : Să revenim la întrebarea pe care ți-am pus-o la începutul convorbirii noastre. Există deci, în receptorul meu portativ, un cadru care colectează undele ?



CURIOSUS : Da un fel de cadru, alcătuit dintr-o bobină cu miez de ferită.



Circuit oscilant cu antenă pe miez de ferită.



IGNOTUS : Adică ?

CURIOSUS : Este vorba de un miez cu permeabilitate foarte mare, realizat sub forma unui baston și constituit din granule de oxizi de fier, izolate unele de altele.

IGNOTUS : De ce ?

CURIOSUS : Pentru a reduce pe cît este posibil *curenţii Foucault*, adică acei curenţi pe care îi induce cîmpul magnetic variabil al unei bobine în orice conductor aflat în acel cîmp. Datorită izolării granulelor magnetice, miezul se comportă ca un izolator, curenţii Foucault sînt nuli şi se evită pierderile inutile de energie în bobină.

IGNOTUS : Ce rol are miezul magnetic ?

CURIOSUS : Deoarece dimensiunile antenei din interiorul aparatului sînt foarte mici, se foloseşte o bobină cu miez pentru a mări coeficientul de autoinducţie şi, mai ales, pentru ca undele radioelectrice să dea naştere unui curent destul de mare. Datorită înaltei lor permeabilităţi magnetice, miezurile determină concentrarea undelor în antenă, uşurînd trecerea liniilor de forţă magnetică.

IGNOTUS : Cum se face legătura acestei antene cu circuitul de intrare al receptorului ?

CURIOSUS : În general, cadrul este folosit drept bobină pentru circuitul oscilant de intrare. Cele două capete ale bobinei cu miez de ferită vor fi, prin urmare, conectate la cele două armături ale condensatorului variabil de acord.

IGNOTUS : Am înţeles. O ultimă întrebare despre acest tip de antene. Un receptor portativ de dimensiuni mici nu e prea greu de orientat. Dar cu un aparat greu şi voluminos nu cred că se poate proceda la fel.

Ce se face în acest caz ?

CURIOSUS : În receptoarele mari, antena cu ferită se poate roti în interiorul aparatului, prin manevrarea unui buton de pe panou.

IGNOTUS : Îţi mulţumesc pentru tot ce mi-ai explicat despre aceste antene originale.

EMISIA ELECTRONICĂ

CURIOSUS : Am vorbit pînă acum de elementele pasive, care oferă curentului cale de trecere prin conductoare sau prin rezistenţe. A sosit momentul să abordăm în mod activ componentele active.

IGNOTUS : Prin ce trece curentul în acest caz ?

CURIOSUS : Prin vid sau prin semiconductoare.

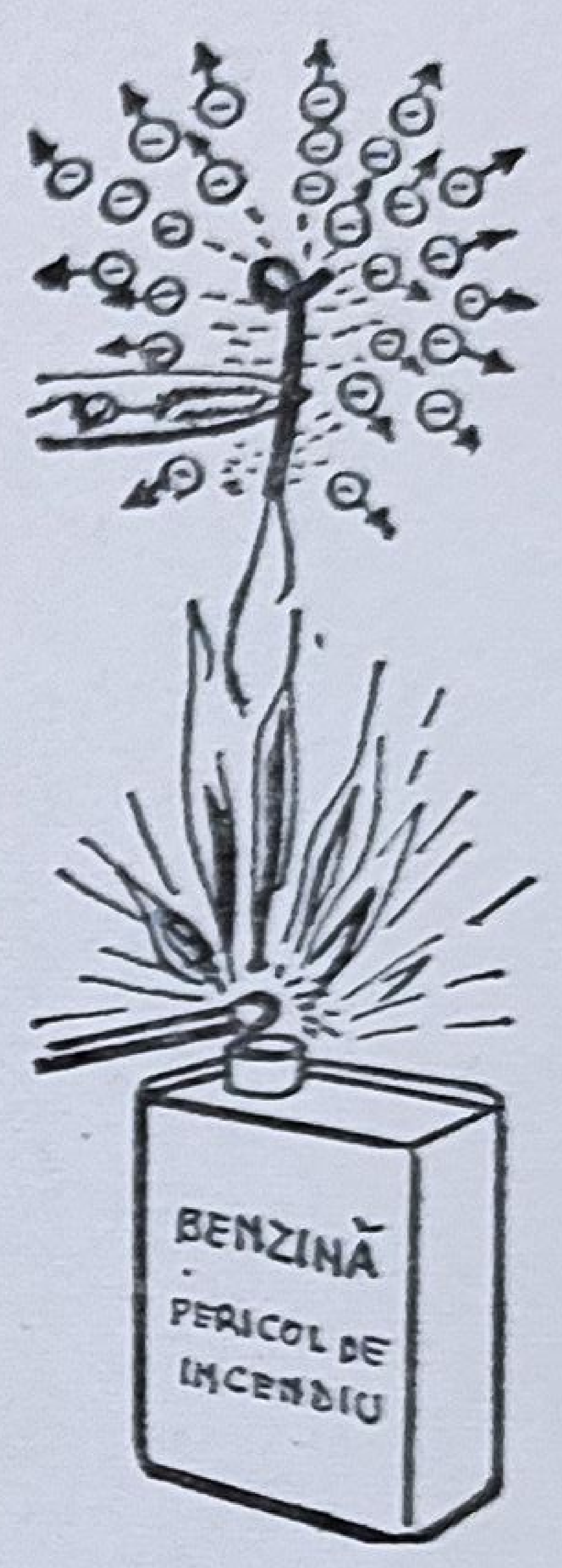
IGNOTUS : Îţi baţi joc de mine, Curiosus ? Cum poate trece curentul prin vid, cînd acesta constituie, într-o măsură şi mai mare decît aerul uscat, un izolant ideal ?

CURIOSUS : Şi totuşi electonii trec cu uşurinţă prin vid, cu condiţia să fie azvîrliţi. Pentru a-i proiecta în vid, este ne-

cesar să încălzim un conductor la o temperatură ridicată. Știi ce se întîmplă în interiorul unui corp încălzit?

IGNOTUS: Știu. Moleculele sînt antrenate într-o mișcare oscilatorie dezordonată, cu atît mai rapidă, cu cît temperatura este mai ridicată.

CURIOSUS: Exact. Și, la un moment dat, moleculele se zgîlțiie atît de tare, încît electronii de pe orbitele exterioare ale atomilor, fiind atrași cu o forță mai mică de nucleu, se desprind și sînt proiectați în afara corpului respectiv.

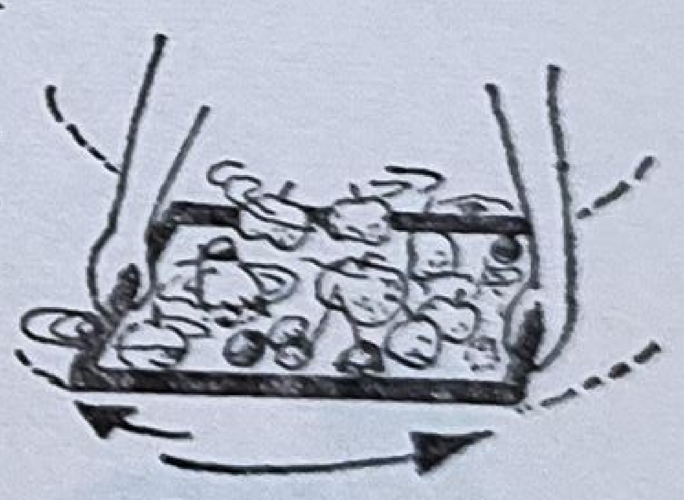


IGNOTUS: Un fenomen asemănător s-ar produce dacă am scutura o tavă de fructe. Fructele de pe margine ar cădea.

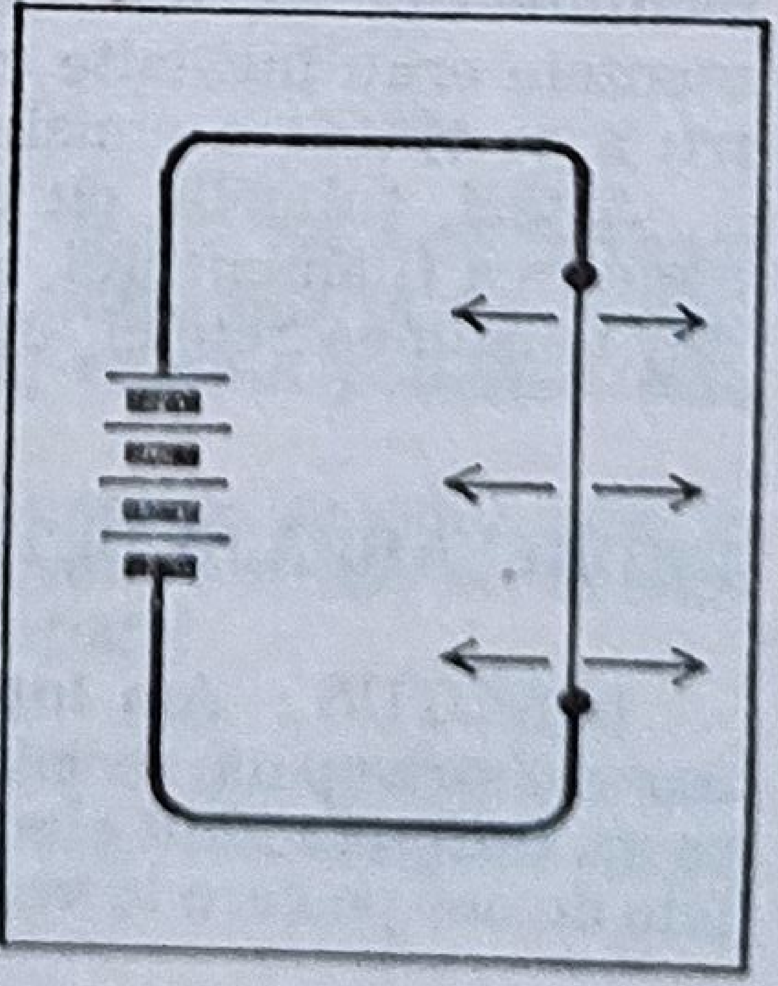
CURIOSUS: Analogia este întrucîtva corectă. Nu m-ai întrebat însă, cum se încălzește corpul, pentru a declanșa emisia de electroni. Evident că se poate recurge la o flacără obținută prin arderea cărbunelui, benzinei sau gazelor, dar în electronică se preferă utilizarea energiei electrice.

În practică, se folosește un filament adus la incandescență de curentul electric care trece prin el. Fenomenul este similar cu cel ce se petrece în becurile cu incandescență. Cînd curentul trece printr-o rezistență, energia electrică se transformă în căldură. Filamentul, fiind foarte subțire, are o rezistență mare și o masă foarte mică, astfel că, datorită căldurii care se degajează, temperatura lui crește foarte mult.

IGNOTUS: După cîte înțeleg, aceasta este modalitatea prin care se expulzează electronii din filament.



CURIOSUS: Da. Cel puțin, așa se petrec lucrurile în tuburile cu *încălzire directă*, în care filamentul, adus la incandescență, emite electroni. Astăzi se folosesc mai mult tuburi cu *încălzire indirectă*, în care filamentul este înconjurat de un strat izolant învelit într-un tub de nichel. La suprafața acestuia se află o peliculă emisivă compusă din diverși oxizi, cum

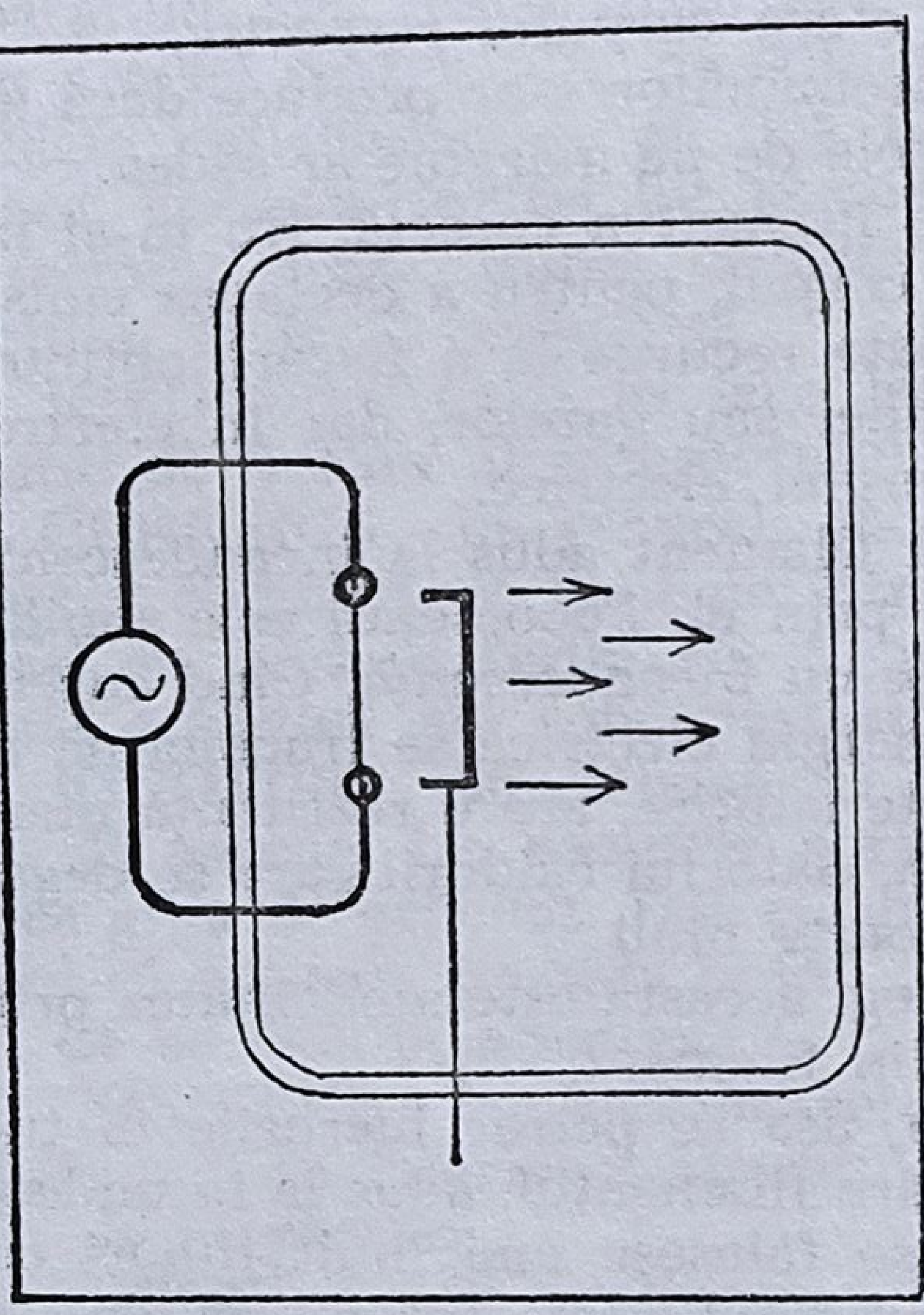


Emiterea electronilor de către un filament cu încălzire directă.

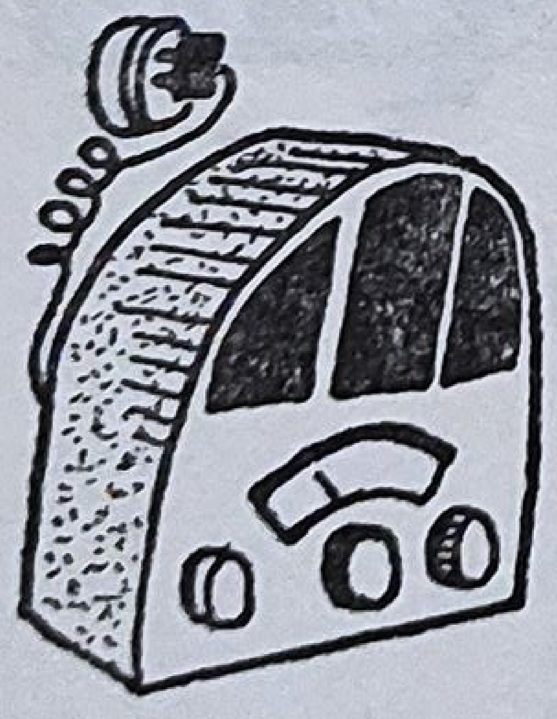
ar fi oxizii de bariu şi de stronţiu, care emit electroni la temperaturi mai puţin ridicate.

IGNOTUS : Ce rost are să complicăm în felul ăsta dispozitivul de emis electroni ?

CURIOSUS : Datorită încălzirii indirecte, filamentul este izolat din punct de vedere electric de stratul care emite electroni şi poate fi încălzit, atît cu curent continuu, cît şi cu curent alternativ. *Curentul de filament* are un rol auxiliar.



Electroni emişi de un catod cu încălzire indirectă.



Tuburile cu încălzire indirectă au fost create în jurul anului 1930. Datorită lor, s-au putut construi receptoarele alimentate din reţeaua de curent alternativ. Pînă atunci, filamentele erau încălzite cu ajutorul unor baterii de 4 volţi, pentru a se obţine o emisie constantă de electroni.

Astăzi, tuburile cu încălzire indirectă folosesc, pentru alimentarea filamentului, o tensiune alternativă de 6,3 V, obţinută din tensiunea reţelei, cu ajutorul unui transformator coborîtor.

REDRESAREA ŞI DETECŢIA CURENTULUI

IGNOTUS : Am înţeles cum se produce emisia electronică, dar nu pricep la ce servesc electronii expulzaţi. Mă întreb ce se va întîmpla cînd electronii se vor lovi nas în nas cu moleculele de aer pe care le vor întîlni în drum.

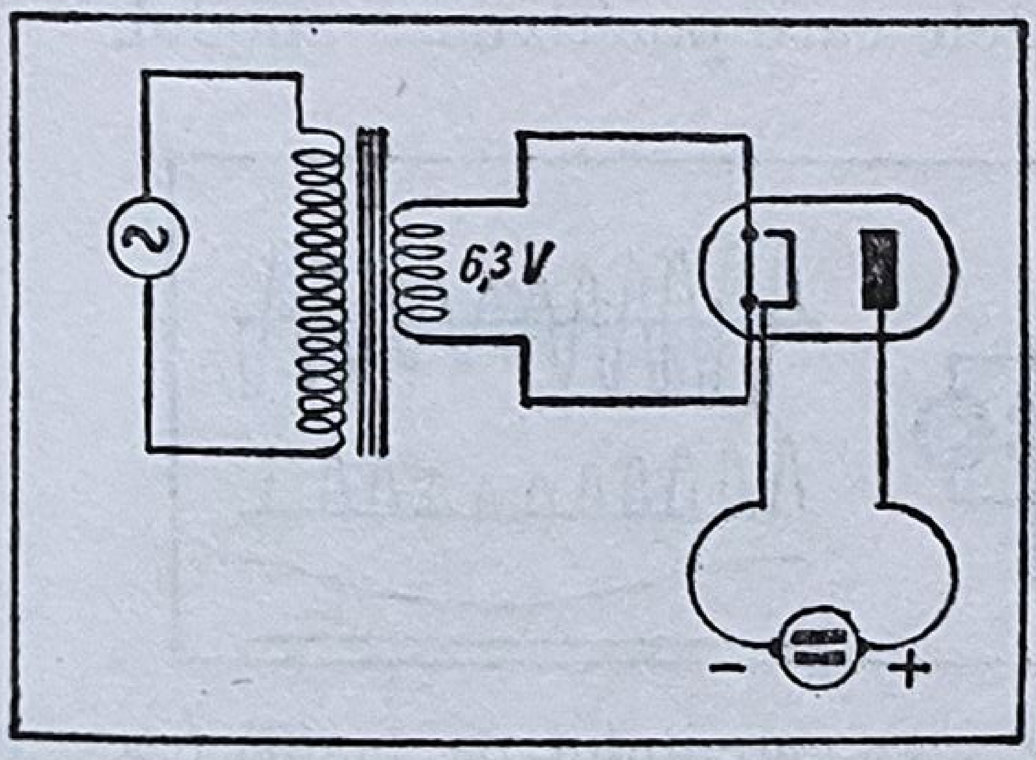
CURIOSUS : Acest pericol nu există, pentru că electrodul care emite electronii se află într-un tub cu vid, adică într-un balon de sticlă din care s-a extras aerul, obţinîndu-se un vid aproape perfect.

Nu vom lăsa însă electronii să se odihnească în vid. În faţa electrodului nostru emisiv, vom aşeza o placă bună conducătoare de electricitate pusă la un potenţial mai ridicat decît cel al electrodului emisiv.

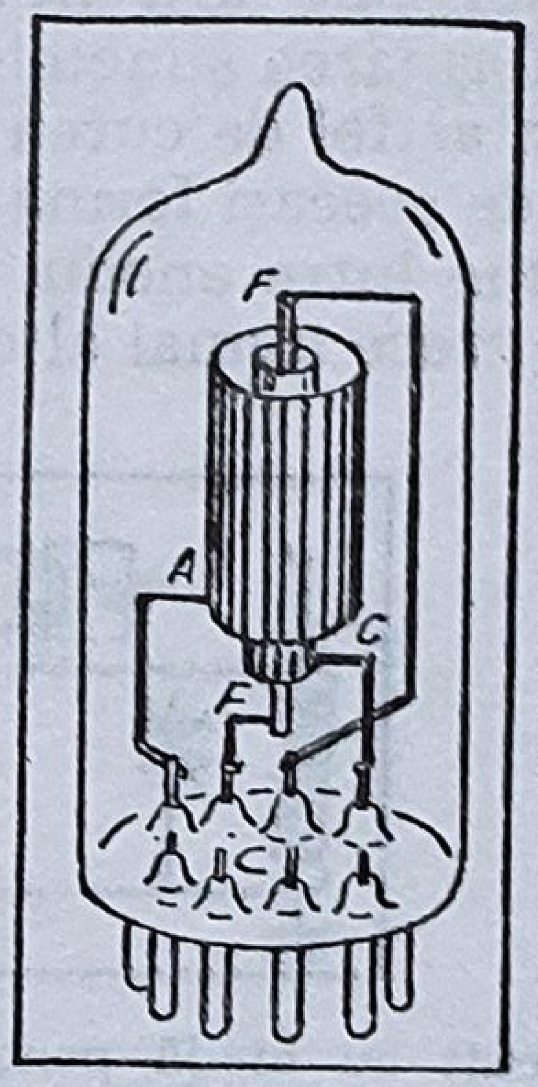
Ce se va întîmpla ?

IGNOTUS : Fiind pozitivă, placa va atrage electronii emişi. Şi dacă între electrodul care emite electroni şi placă vom conecta o sursă de tensiune continuă, prin acest circuit care conţine şi o porţiune de vid va circula un curent continuu.

De-a dreptul fenomenal !



În dioda cu încălzire indirectă, anodul, care se află la un potenţial pozitiv faţă de catod, atrage electronii emişi de acesta din urmă.



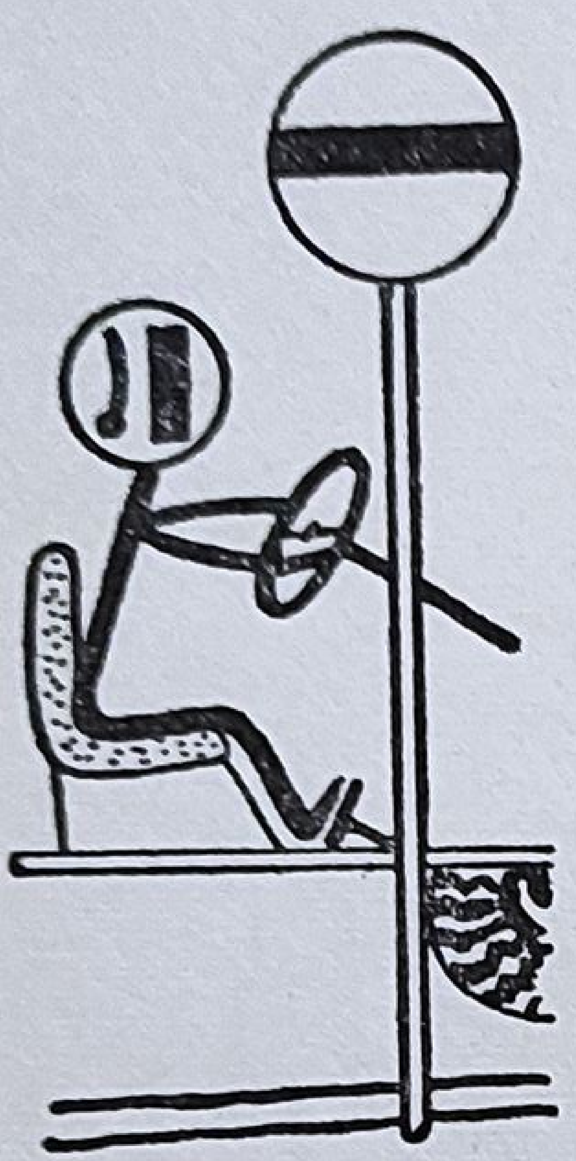
Structura diodei : *F* — filament ; *C* — catod ; *A* — anod.

CURIOSUS : Acesta este principiul diodei. Ea este formată din doi electrozi : cel ce emite electronii este pus la un potenţial negativ şi se numeşte *catod ;* placa, al cărei potenţial este pozitiv, poartă numele de *anod.*

În modelele care se fabrică în zilele noastre, catodul este, în general, aşezat în axul vertical al balonului de sticlă, iar anodul care are o formă cilindrică, înconjoară catodul.

IGNOTUS : La ce serveşte dioda ?

CURIOSUS : Să presupunem că ai legat din greşeală bateria invers şi că, prin urmare, anodul este mai negativ decît catodul. Ce se va întîmpla ?



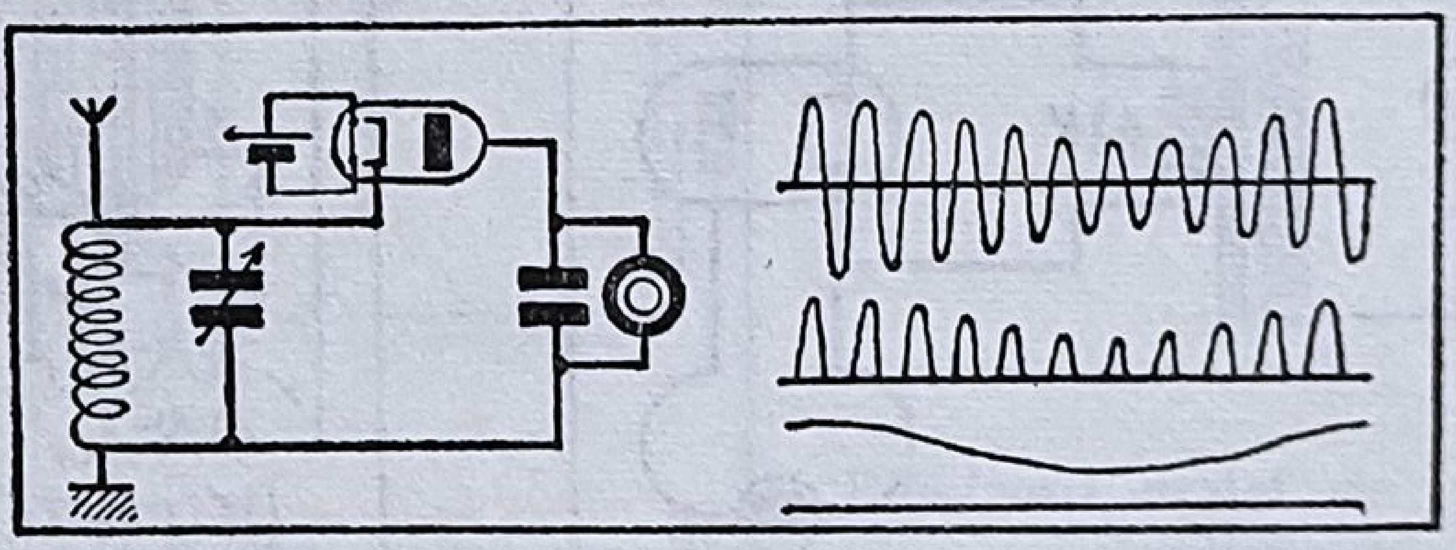
IGNOTUS : Fiind negativ, anodul va respinge electronii emişi de catod, în loc să-i atragă. În consecinţă, prin diodă nu va circula nici un curent între cei doi electrozi.

CURIOSUS : Exact. Să presupunem acum că, în locul bateriei, vom lega între cei doi electrozi o sursă de tensiune alternativă.

IGNOTUS : Văd unde vrei să ajungi. În timpul alternanţelor care fac ca anodul să fie pozitiv, va trece curent prin tub, iar în timpul alternanţelor pentru care anodul va fi negativ, nu va trece nici un curent.

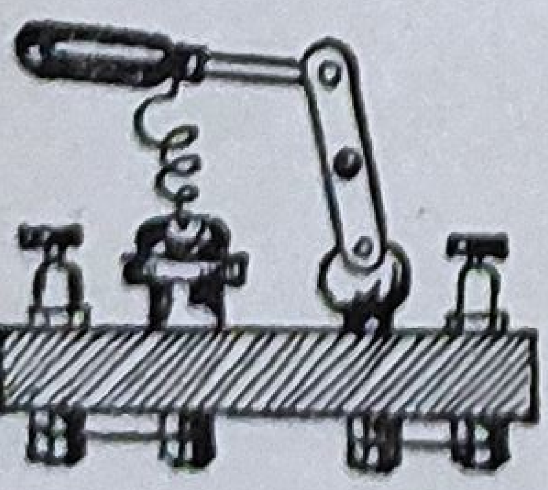
CURIOSUS : Iată deci că dioda noastră nu conduce decît într-un singur sens, asigurînd *redresarea* curentului alternativ. Această proprietate este foarte importantă în radiofonie. Îţi aminteşti forma curentului de înaltă frecvenţă, modulat în amplitudine de curentul de audiofrecvenţă care se obţine prin transformarea sunetelor în semnale electrice ?

Un astfel de curent modulat va determina apariţia unei tensiuni de aceeaşi formă la intrarea în receptor. Să aplicăm această tensiune între anodul şi catodul unei diode. Ea va fi redresată şi vor trece numai alternanţele care pozitivează anodul.



Circuit cu diodă pentru detecţia curentului de înaltă frecvenţă. În cască ajunge curentul de audiofrecvenţă. Curentul de înaltă frecvenţă este redresat de diodă şi cu ajutorul condensatorului este reconstituit curentul de audiofrecvenţă.

Să trimitem curentul rezultat, într-o cască legată în paralel pe un condensator. Capacitatea acestuia se va încărca la nivelul alternanţelor de înaltă frecvenţă şi va reconstitui astfel curentul de audiofrecvenţă care reprezintă sunetele transmise ; iar tu vei auzi aceste sunete în cască. Descriind acest proces spunem că dioda *detectează* curentul de înaltă frecvenţă. Prin detecţie se extrage curentul modulator de joasă frecvenţă.



IGNOTUS : Deci, dacă am înţeles bine, dioda are în primul rînd calitatea de a redresa curentul şi, datorită acestui fapt, poate detecta curentul indus de undele radioelectrice.

CURIOSUS : Într-adevăr, aşa este. Trebuie să ştii că, detecţia se poate realiza şi cu alte dispozitive capabile să redreseze

curentul. La începuturile radiodifuziunii se utiliza adesea, în acest scop, detectorul cu galenă. Un vîrf de metal așezat la capătul unui resort se sprijinea pe un cristal de galenă (sulfură de plumb). În punctul de contact, curentul nu trecea decît într-un singur sens. Acest detector era mult mai sensibil decît tubul diodă. Din această cauză aparatele cu galenă erau foarte răspîndite prin anii 20.

Într-o formulă mult mai generală, orice contact între doi conductori caracterizați prin forme, structuri sau chiar temperaturi diferite determină o asimetrie care dă naștere fenomenului de redresare.

În zilele noastre se folosesc în special redresoare solide alcătuite din semiconductoare. Despre funcționarea lor îți voi vorbi în curînd.

Pînă atunci, observ că ești obosit și că ții capul aplecat ca și cînd ai fi pe cale să adormi. Pentru ca să-l poți redresa, te las să te odihnești.



Profesorul Radiol trece :

De la Diodă la Triodă

În primul rînd el va completa expunerea făcută de nepotul său cu privire la diodă, făcînd unele completări în ceea ce privește funcționarea acesteia. După aceea va descrie trioda : funcționarea, parametrii fundamentali, curbele sale caracteristice și principalele montaje de amplificare de înaltă frecvență.

Dragă Ignotus, constat cu plăcere, că ai înțeles foarte bine principiile de funcționare și caracteristicile acestei supape electronice denumită diodă.

La expunerea pe care ți-a făcut-o nepotul meu, voi mai adăuga unele precizări. Și, mai înainte de toate, cîteva valori.

TEMPERATURA ȘI VIDUL

În primul rînd, vă voi spune care sînt temperaturile la care trebuie încălziți catozii. În cazul unui tub cu încălzire directă, filamentul este în general produs dintr-un aliaj de tungsten care, pentru emisie, trebuie încălzit la 2.000° C. În cazul încălzirii indirecte, oxizii emit foarte bine electronii la temperaturi mai joase, cuprinse, de obicei, între 800 și 900° C.

Curiosus ți-a spus că în tubul de sticlă se realizează vid. De fapt se reduce cantitatea de aer conținută de acesta cam de 10 miliarde de ori. Cu toate acestea, chiar la o presiune atît de slabă, un tub electronic mai conține încă cîteva zeci de bilioane (milioane de milioane) de molecule de aer. În fiecare milimetru cub există cam 80 000.

Stai nu te speria, în aceste condiţii densitatea moleculelor este infimă. Dimensiunile moleculelor sînt atît de mici încît, în cazul nostru, distanţa medie între două molecule vecine este de 20.000 ori mai mare decît diametrele lor. Toate acestea le-am spus pentru ca voi să înţelegeţi bine că electronii pot traversa foarte uşor distanţa dintre anod şi catod fără prea multe pericole de ciocniri cu moleculele existente.

Chiar mai mult. În cazul în care un electron intră în una din aceste molecule, aceasta devine negativă, prin sarcina obţinută în plus. În acest caz se spune că molecula este ionizată negativ. Ionul astfel creeat este atras de anod, acesta fiind pozitiv. Situaţia nu este tocmai de dorit deoarece nu este necesar ca anodul (denumit deseori şi placă) să fie acoperit cu un strat de molecule de aer.

VITEZA, INTENSITATEA ŞI SATURAŢIA CURENTULUI

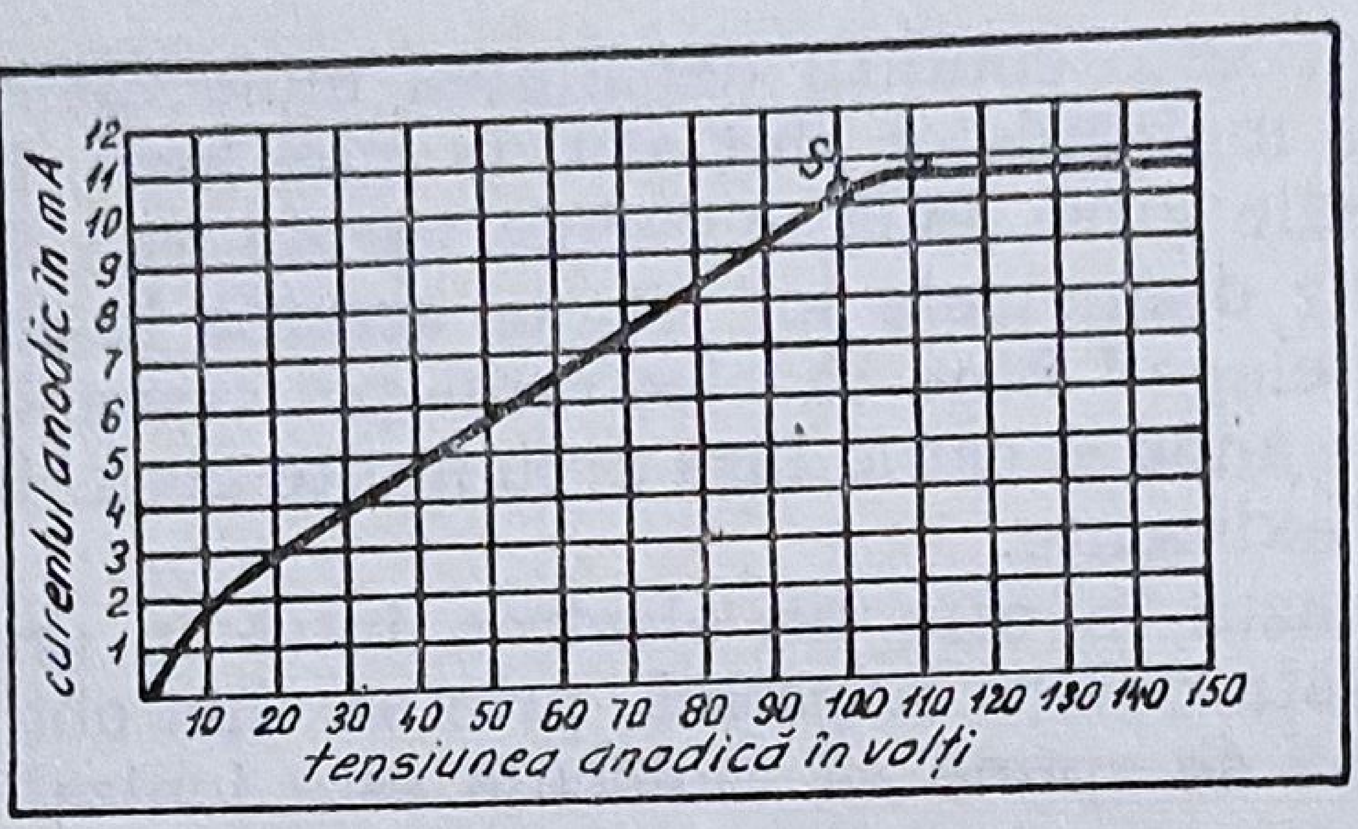
Vă veţi întreba, şi pe bună dreptate, care este viteza electronilor care traversează vidul dintre anod şi catod?

Datorită faptului că în drumul lor nu întîlnesc nici un obstacol, ei parcurg această distanţă cu o viteză apreciabilă. În cazul în care pe anod se aplică o tensiune $V_a = 200$ V, catodul fiind la masă, viteza electronilor este de circa 9.000 kilometri pe secundă.

Vă mai amintiţi, cred, că în cazul conductoarelor viteza individuală a electronilor (a nu se confunda cu viteza ansamblului de electroni ce formează curentul) este destul de mică.

În ceea ce priveşte intensitatea curentului anodic al diodei, aceasta depinde, bineînţeles, de tensiunea U_a, aplicată între anod şi catod. Cu cît anodul este mai pozitiv, cu atît el va atrage mai puternic electronii emişi de catod şi în consecinţă, cu atît valoarea curentului va fi mai mare. Şi în cazul de faţă ne aflăm, odată în plus în prezenţa unui circuit care respectă legea lui Ohm.

Cu toate acestea legea respectivă nu mai este valabilă în cazul depăşirii unei anumite valori a tensiunii aplicate între anod şi catod. Pentru această valoare a tensiunii, U_a, curentul anodic, I_a, atinge *saturaţia*: toţi electronii emişi de catod ajung la anod. Oricît s-ar creşte de acum înainte valoarea tensiunii anodice curentul rămîne la valoarea atinsă la saturaţie, deci constant.

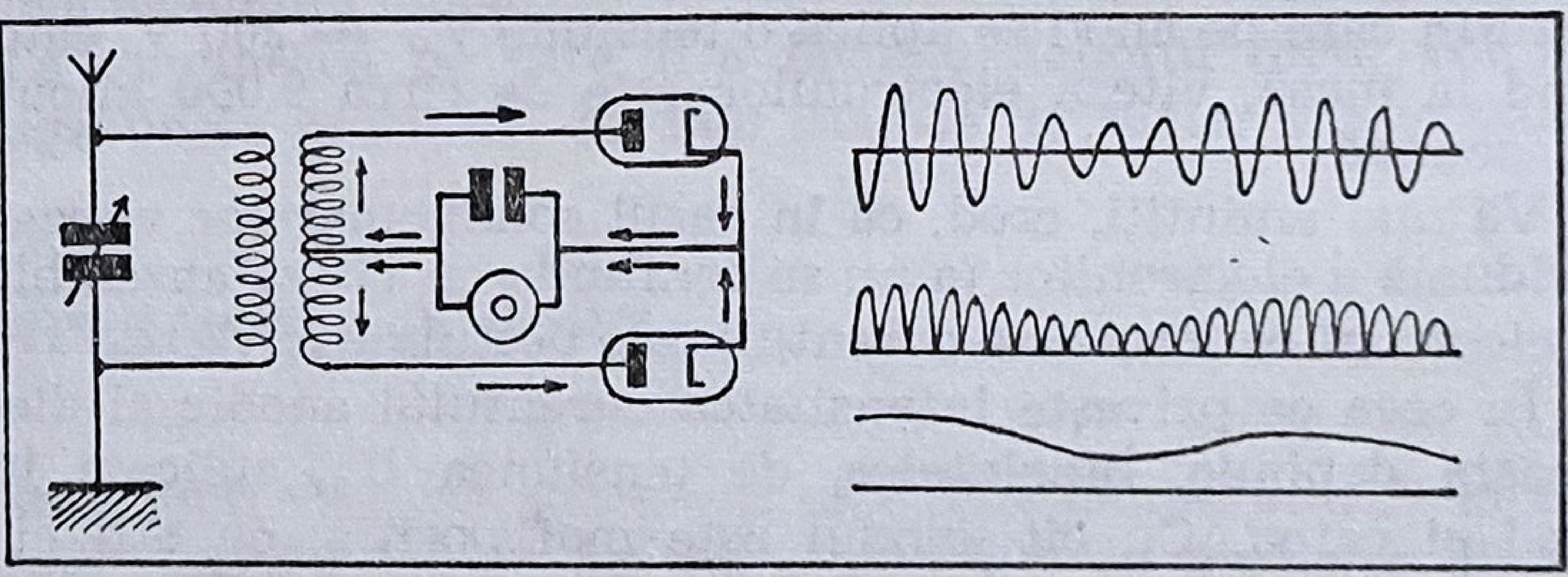


Variația curentului anodic funcție de tensiunea aplicată între anod și catod. Depășirea punctului *S* oprește creșterea curentului deoarece aci el atinge saturația.

DETECȚIA DUBLĂ

Curiosus ți-a explicat în convorbirea anterioară, proprietățile de redresare pe care le posedă dioda și ca rezultat al acesteia proprietatea de detecție. În plus ți-a arătat modul în care dioda acționează asupra tensiunii modulate de înaltă frecvență, eliminînd înalta frecvență și reținînd numai curentul de joasă frecvență, acțiune ce caracterizează detecția.

Realizarea detecției poate fi mai eficace prin utilizarea a două diode conectate conform schemei pe care o prezint mai jos.



a — Schema montajului pentru redresarea ambelor alternanțe de înaltă frecvență. Curenții redresați parcurg sarcina în același sens.

În acest montaj, fiecare diodă redresează una din cele două alternanțe. Și iată cum : pentru alternanța pozitivă anodul diodei superioare devine mai pozitiv față de catodul ei și aceasta conduce. Invers, cealaltă alternanță pozitivează anodul diodei inferioare (diodele sînt legate la capetele înfășurării secundare a transformatorului, secundar prevăzut cu priză mediană) fapt ce determină simultan polaritatea plus la o extremitate și minus la cealaltă, pentru o alternanță, situația inversîndu-se în cazul celeilalte alternanțe.

În consecință difuzorul va fi parcurs de curenții redresați ai ambelor alternanțe, care însă circulă în același sens (pe schemă de la dreapta la stînga). Condensatorul conectat în paralel va juca rolul de scurt circuit pentru armonicele de înaltă frecvență rezultate din detecție.

ACȚIUNEA GRILEI

Să trecem acum de la diodă la *triodă*. Pentru aceasta între catodul și anodul diodei se intercalează un al treilea electrod : *grila*. Aceasta se compune dintr-o spirală cilindrică care înconjoară catodul sau dintr-un grilaj cu ochiuri foarte mici.

Dacă acum vom varia potențialul aplicat grilei, menținînd potențialul catodului constant, grila va avea o influență foarte mare asupra curentului anodic. Cu cît grila este mai negativă în raport cu catodul, cu atît mai mare este forța de respingere pe care o exercită asupra electronilor ce formează curentul anodic și deci prin această acțiune îi împiedică să ajungă la anod.

Pe de altă parte, cu cît grila este mai pozitivă în raport cu potențialul catodului, cu atît ea va atrage mai tare electronii emiși de acesta, îi va accelera și în consecință cu atît mai mult crește intensitatea curentului anodic.

Totuși, în momentul în care grila este mai pozitivă decît anodul, cu toate că într-un fel ea ajută curentul anodic, pe de altă parte însă, ea îl concurează deoarece îi sustrage un anumit număr de electroni. Ori, curentul de grilă care se formează astfel, nu servește la nimic și în plus nici nu-i dorit. Astfel pentru a-l evita, grila este de obicei *polarizată* negativ față de catod. În jurul acestei valori de polarizare se variază în plus și în minus potențialul grilei, fără însă ca prin aceasta ea să devină pozitivă.

FACTORUL DE AMPLIFICARE ȘI PANTA

Variațiile potențialului grilei au asupra curentului anodic o influență foarte mare, mult mai mare decît cea exercitată de tensiunea anodică. Grila este plasată foarte aproape de catod și prin aceasta ea comandă sau controlează cantitatea de electroni care o traversează și se îndreaptă spre anod.

Acest control exercitat de grilă, determină *puterea de amplificare* a triodei. Amplificarea se măsoară prin valoarea raportului dintre variațiile potențialului anodic dV_a și cele ale

potențialului grilei dV_g. Variațiile potențialului grilei determină variațiile curentului anodic dI_a, care la rîndul său determină variațiile potențialului anodic dV_a. Raportul menționat mai sus (dV_a/dV_g) se numește *factor de amplificare*, avînd ca simbol litera μ. Astfel :

$$\mu = \frac{dV_a}{dV_g}$$

Să presupunem că, pentru a mări curentul anodic cu 1 mA, este necesară o pozitivare a tensiunii grilei de 2 V. Să presupunem în continuare că acestei modificări a curentului anodic îi va corespunde o variație a tensiunii anodice de 40 V. În acest caz, factorul de amplificare este $\mu = 40 : 2 = 20$.

Acest coeficient de amplificare depinde esențial de distanța ce desparte grila de catod. Cu cît aceasta este mai mică, cu atît acest factor are o valoare mai mare, fiind invers proporțional cu patratul distanței dintre electrozii respectivi.

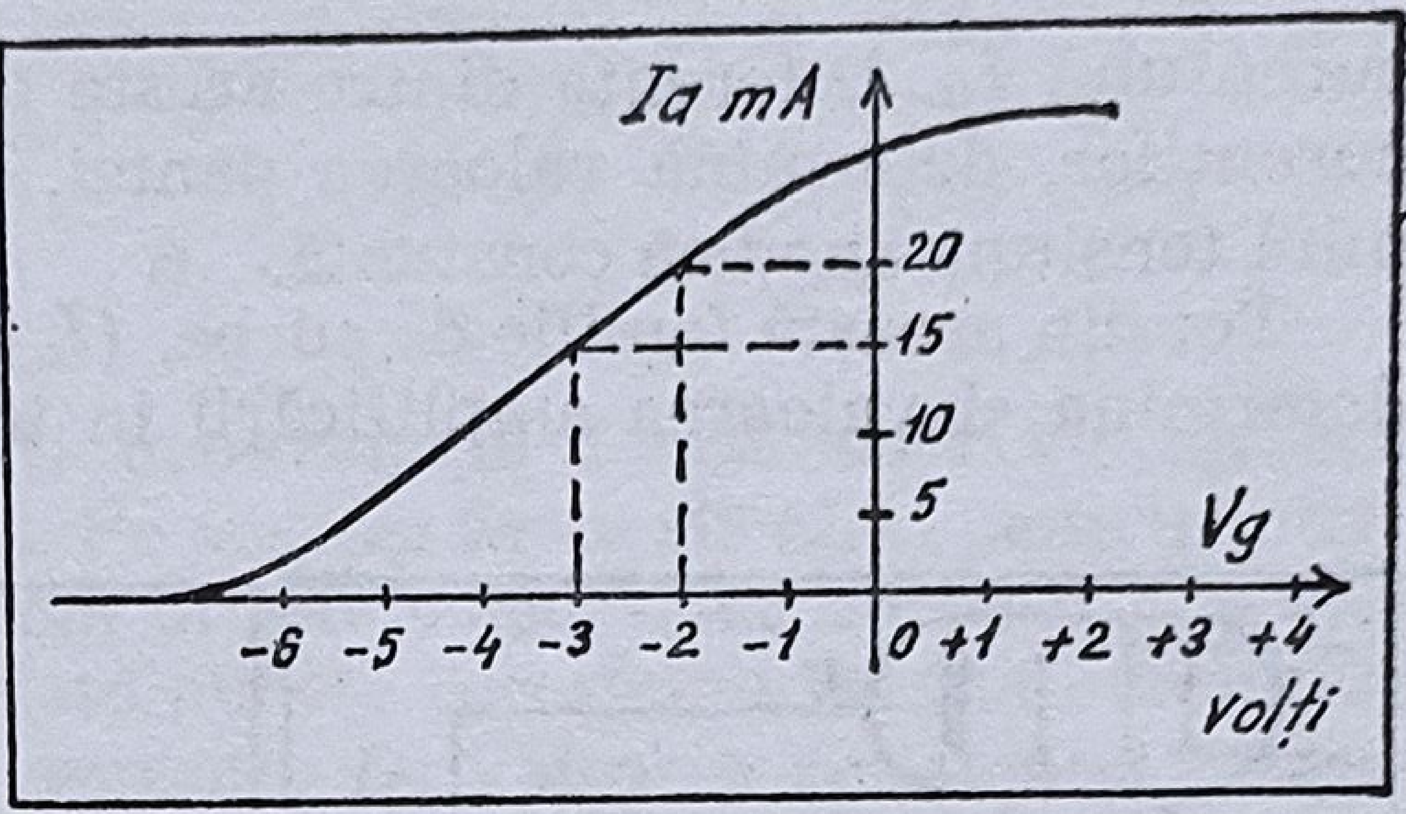
Astfel, pentru realizarea unor tuburi cu amplificare mare, grila este așezată pe aproximativ o fracțiune de milimetru de catod. Există tuburi în care această distanță nu depășește 1/8 dintr-un milimetru, distanță comparabilă cu grosimea unei foi de hîrtie. Factorul de amplificare la triode este în general mai mic de 100.

Un parametru fundamental al triodei este *panta sa*, și se definește prin raportul dintre variația curentului anodic (în miliamperi) pentru o variație de 1 volt a potențialului grilei, față de potențialul catodului. Panta se notează cu litera S, valoarea sa depinde de construcția tubului și este cuprinsă în general, între 1 și 15 mA/V (miliamperi pe volt).

CURBELE CARACTERISTICE ALE TRIODEI

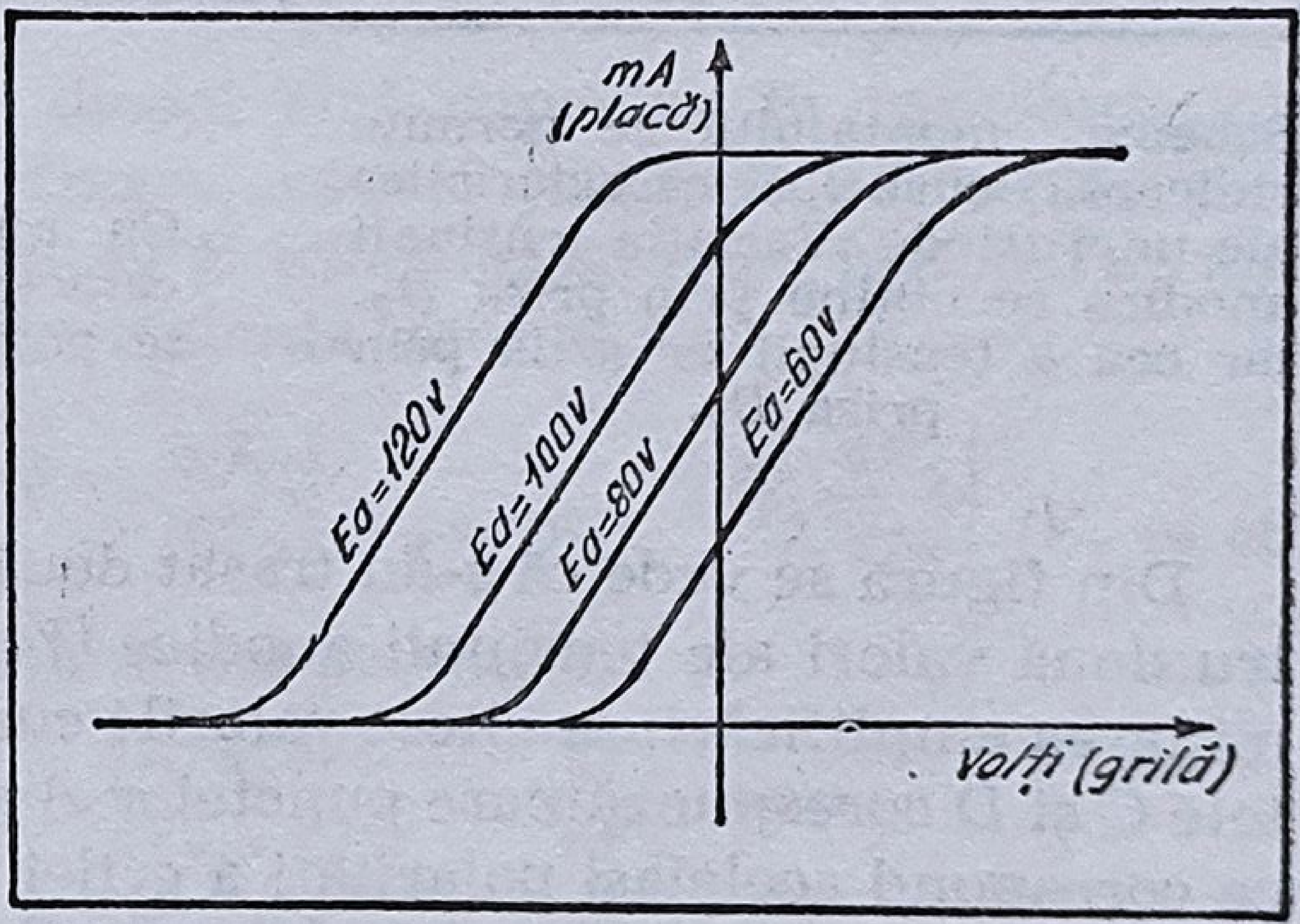
Poate vă veți întreba de ce s-a ales pentru acest parametru al triodei tocmai denumirea de „pantă". Veți înțelege deîndată ce veți studia forma curbei care indică variația curentului anodic I_a funcție de variația potențialului grilei, V_g. Vedeți că cu cît această curbă posedă o pantă mai înclinată, cu atît este mai mare variația curentului anodic I_a pentru o variație de 1 V al potențialului aplicat grilei, V_g.

Astfel se poate trasa o întreagă familie de curbe, fiecare din ele fiind determinată de valoarea potențialului anodic, V_a, care rămîne constantă pentru fiecare curbă în parte. Cu cît potențialul anodic este mai ridicat cu atît curentul anodic ia naștere



Curbă caracteristică a triodei care indică variația curentului anodic I_a funcție de tensiunea de grilă V_g.

pentru valori din ce în ce mai negative ale potențialului grilei. Cu alte cuvinte, cu cît grila este mai negativă, cu atît ea se opune mai mult trecerii electronilor ; în cazul în care însă se crește mai mult potențialul pozitiv al anodului, atracția sa permite neutralizarea acțiunii exercitată de grilă și curentul mai există încă.



Familie de curbe caracteristice $I_a = f(V_g)$. Fiecare curbă este ridicată pentru o anumită valoare a tensiunii anodice E_a.

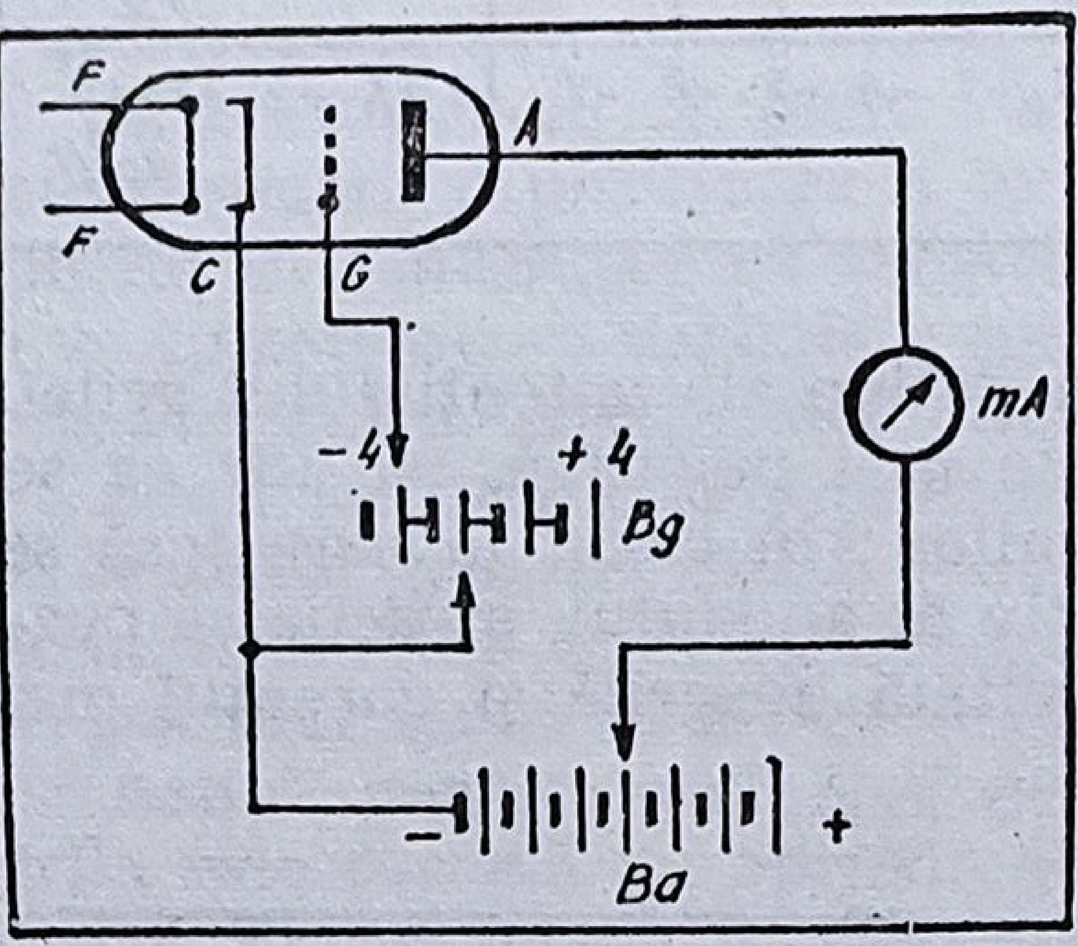
Pe cea mai mare porțiune a lor, curbele $I_a = f(V_g)$ sînt rectilinii și paralele. Cu alte cuvinte, indiferent de valoarea tensiunii anodice panta rămîne constantă.

În sfîrșit, la un moment dat, toate curbele se înclină, devin orizontale și se unesc. Cred că ați ghicit că toate acestea se produc în cazul în care curentul anodic atinge valoarea de saturație.

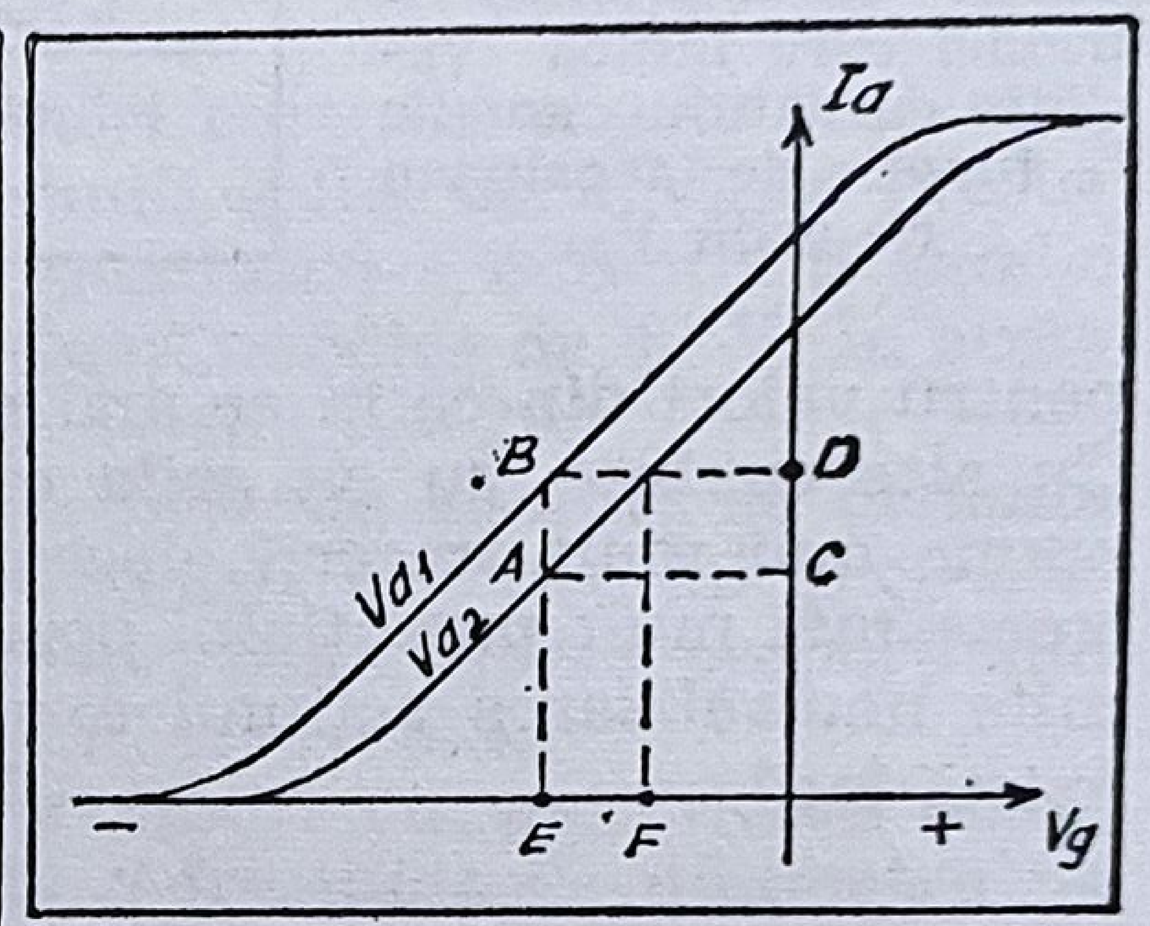
După cum se vede, valoarea pantei poate fi ușor determinată cu ajutorul curbelor $(I_a = f(V_g)$. Mai întîi se determină pe orizontală două puncte la distanță de 1 V. Din aceste puncte se ridică două linii verticale pînă ce acestea ating curba. Din aceste puncte ale curbei se duc două drepte orizontale, ce taie axa

curentului I_a. Diferența dintre aceste două valori citite pe axa curenților, determină valoarea pantei, respectiv pentru o anumită tensiune anodică constantă.

Tot din această familie de curbe, $(I_a=f(V_g)\ V_a=\text{ct})$ se poate determina și valoarea amplificării în tensiune.



Schema montajului ce permite ridicarea curbelor caracteristice ale unei triode. Variația tensiunii anodice se obține prin priza B_a. iar cea a tensiunii de grilă prin priza B_g.



Cu ajutorul celor două curbe caracteristice $I_a = f(V_g) V_a = \text{ct}$. se poate determina coeficientul de amplificare.

Din figură se vede că s-au trasat două curbe $(I_a=f(V_g))$ pentru două valori ale tensiunii anodice (V_{a1} și V_{a2}). Pentru determinarea amplificării se citesc valorile curentului anodic în punctele C și D corespunzătoare punctelor A și B de pe curbe, puncte ce corespund aceleiași polarități a grilei și anume cea din punctul E. Apoi pe aceeași curbă, de exemplu pe V_{a2} se constată că variația curentului anodic este aceeași ca pentru V_{a1}, în cazul în care tensiunea grilei variază din E în F. Pentru aflarea amplificării este suficient să împărțim acum diferența $(V_{a1} - V_{a2})$ la diferența $(V_{gE} - V_{gF})$.

REZISTENȚA INTERNĂ

Triodele mai posedă și un al treilea parametru esențial : *rezistența internă* a triodei. Rezistența internă se definește prin raportul dintre variația potențialului anodic dV_a și variația

curentului anodic, dI_a. Acest parametru se notează cu R_i şi se determină prin formula

$$R_i = \frac{dV_a}{dI_a}$$

Valoarea sa poate fi determinată foarte uşor cu ajutorul curbelor trasate mai sus. Pe aceeaşi verticală (deci pentru potenţial de grilă constant) vom întretăia cele două curbe (V_{a1} şi V_{a2}) în A şi respectiv B. Aceste puncte corespund pe axa curentului anodic valorilor din C respectiv D. Valoarea rezistenţei interne se obţine prin împărţirea diferenţei ($V_{aB} - V_{aA}$) la diferenţa ($I_{aD} - I_{aC}$). În general, la triode valoarea acestui parametru este cuprinsă între cîteva mii şi chiar zeci de mii de ohmi.

RELAŢIILE CE LEAGĂ CEI TREI PARAMETRI FUNDAMENTALI AI TRIODEI

Toate proprietăţile diodei sînt cuprinse în caracteristicile date mai sus. Pentru fixare, vă voi reaminti definiţiile celor trei parametri fundamentali ai triodei şi anume : factorul de amplificare, μ, panta, S, şi rezistenţa internă R_i:

$$\mu = \left.\frac{dV_a}{dV_g}\right|(I_a = \text{ct}) \;;\; S = \left.\frac{dI_a}{dV_g}\right|(V_a = \text{ct}) \;;\; R_i \left.\frac{dV_a}{dI_a}\right|(V_g = \text{ct}$$

Să înmulţim între ei ultimii doi parametri

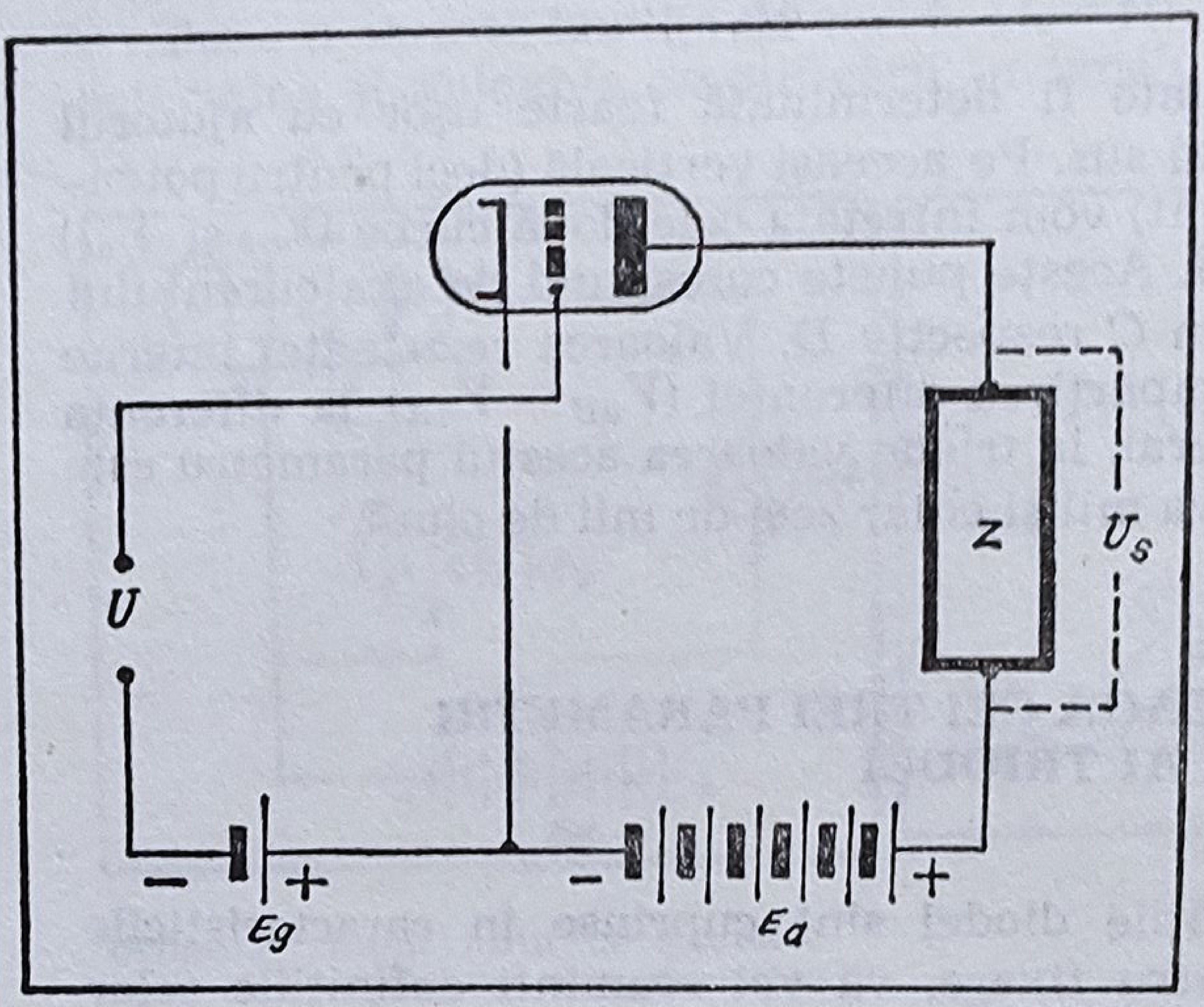
$$S \times R_i = \frac{dI_a \times dV_a}{dV_g \times dI_a} = \frac{dV_a}{dV_g} = \mu$$

Vedeţi deci că factorul de amplificare este egal cu produsul dintre pantă şi rezistenţa internă.

UTILIZAREA TRIODEI ÎN AMPLIFICAREA DE ÎNALTA FRECVENŢĂ

Văd, dragul meu Ignotus, că începi să-ţi pierzi răbdarea. Sînt sigur că te întrebi la ce-ţi folosesc toate cele explicate mai sus, din moment ce nu spun nimic de utilizarea triodei şi rolul pe care-l joacă parametrii ei. După toate cele expuse mai sus putem trece acum foarte uşor la abordarea acestor probleme.

Înainte de toate să examinăm mai întîi utilizarea triodei în amplificare şi pentru a înţelege cît mai bine fenomenul vă rog să studiaţi schema de mai jos.



Schema generală a unui etaj de amplificare. Tensiunea de intrare U este amplificată de către triodă, obţinîndu-se la ieşire la bornele impedanţei Z, tensiunea U_s.

Tensiunea variabilă U, este tensiunea ce urmează a fi amplificată şi se aplică pe *intrarea* tubului, adică între grilă şi catod. Cred că înţelegeţi uşor de ce se procedează astfel. Variaţiile slabe ale tensiunii aplicate între aceşti doi electrozi determină variaţiile puternice ale curentului anodic.

Variaţiile acestuia dau naştere tensiunii variabile de ieşire. În acest scop curentul anodic trece prin impedanţa de sarcină anodică, Z, pe care determină o anumită cădere de tensiune variabilă U_s.

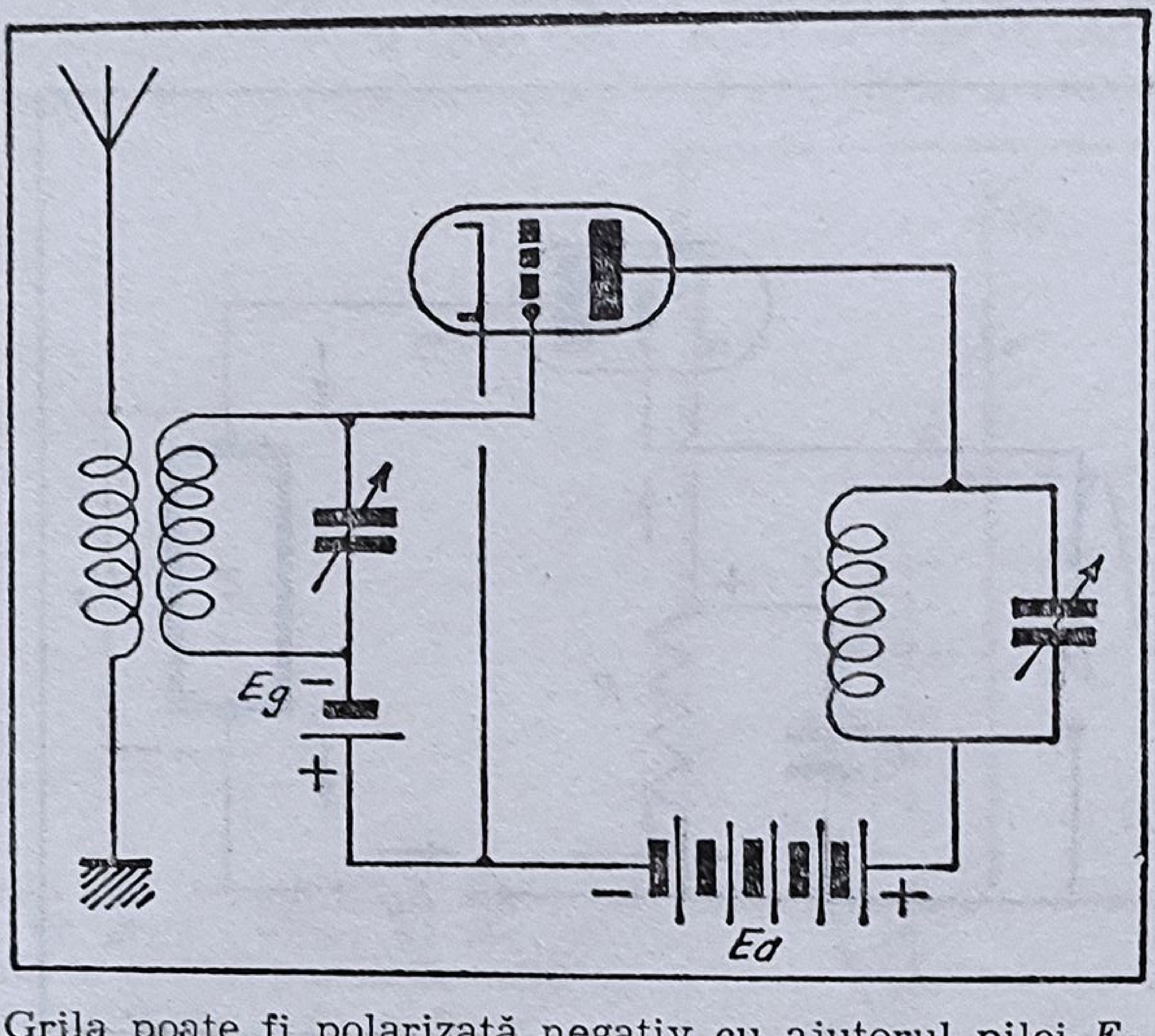
Montajul mai cuprinde o sursă de tensiune de polarizare a grilei E_g şi o sursă de alimentare anodică E_a. Schema prezentată este cea mai generală schemă de amplificare.

Cunoscînd proprietăţile triodei, veţi înţelege foarte uşor de ce variaţiile slabe ale tensiunii de intrare U determină, variaţii importante ale curentului anodic şi deci şi ale tensiunii de ieşire U_s.

Se înţelege că sursele de alimentare pot fi de diverse feluri : bateria care furnizează tensiunea anodică continuă poate fi în-

locuită cu tensiunea redresată a rețelei de alimentare ; la rîndul ei tensiunea de polarizare a grilei se poate obține și cu ajutorul unei căderi de tensiune pe o rezistență. Nu vă speriați, vi le explic în curînd pe toate în detaliu.

Să presupunem acum un caz concret de etaj de amplificare de înaltă frecvență, așa cum apare el în circuitul oscilant de intrare al unui receptor.



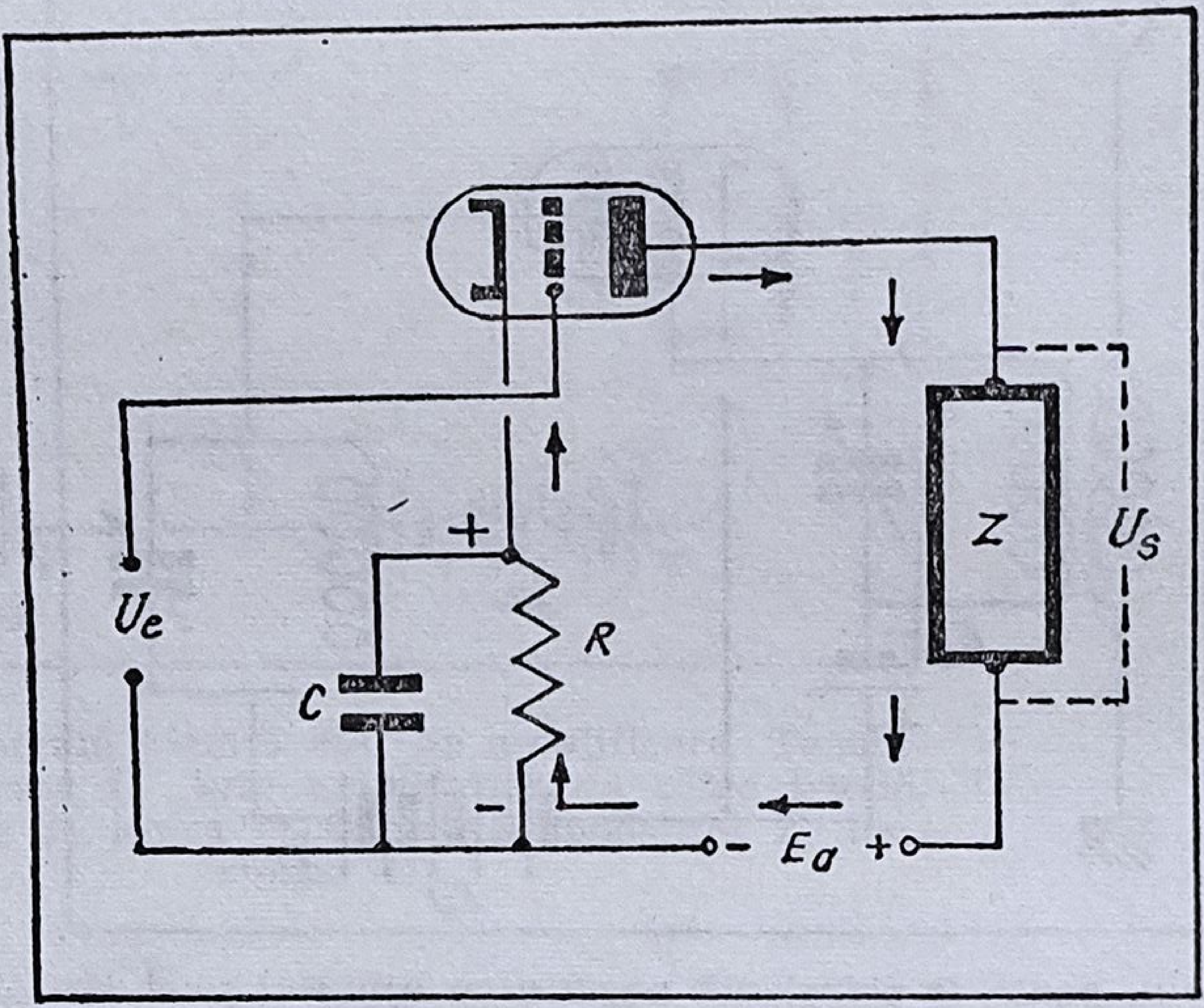
Grila poate fi polarizată negativ cu ajutorul pilei E_j.

Tensiunile de intrare se obțin prin trecerea unui curent foarte slab printr-un circuit oscilant. Aceste tensiuni se aplică între grilă și catodul tubului, grila fiind polarizată negativ cu ajutorul sursei E_g.

Ce fel de impedanță va poseda în ieșire etajul nostru ? Nici mai mult nici mai puțin decît un circuit oscilant acordat pe aceeași înaltă frecvență proprie circuitului de intrare. În acest caz impedanța sa la rezonanță (și acesta este cazul nostru) posedă o valoare foarte mare, iar variațiile curentului anodic vor da naștere la bornele circuitului oscilant, unor tensiuni variabile de valori mult superioare celor din intrare. Notați în plus că, dat fiind valoarea în curent continuu sau rezistența ohmică foarte mică a bobinei curentului oscilant aceasta reduce neglijabil tensiunea continuă aplicată între anod și catod, astfel încît polarizarea anodului rămîne tot timpul pozitivă.

POLARIZAREA PRIN CĂDERE DE TENSIUNE PE O REZISTENȚĂ

Pentru a nu vă pune prea mult la încercare răbdarea, vă voi arăta acum cum se poate obține foarte ușor polarizarea negativă a grilei printr-o cădere de tensiune realizată prin trecerea unui curent printr-o rezistență.



În această schemă polarizarea negativă a grilei se obține printr-o cădere de tensiune provocată de trecerea curentului anod-catod prin rezistența R.

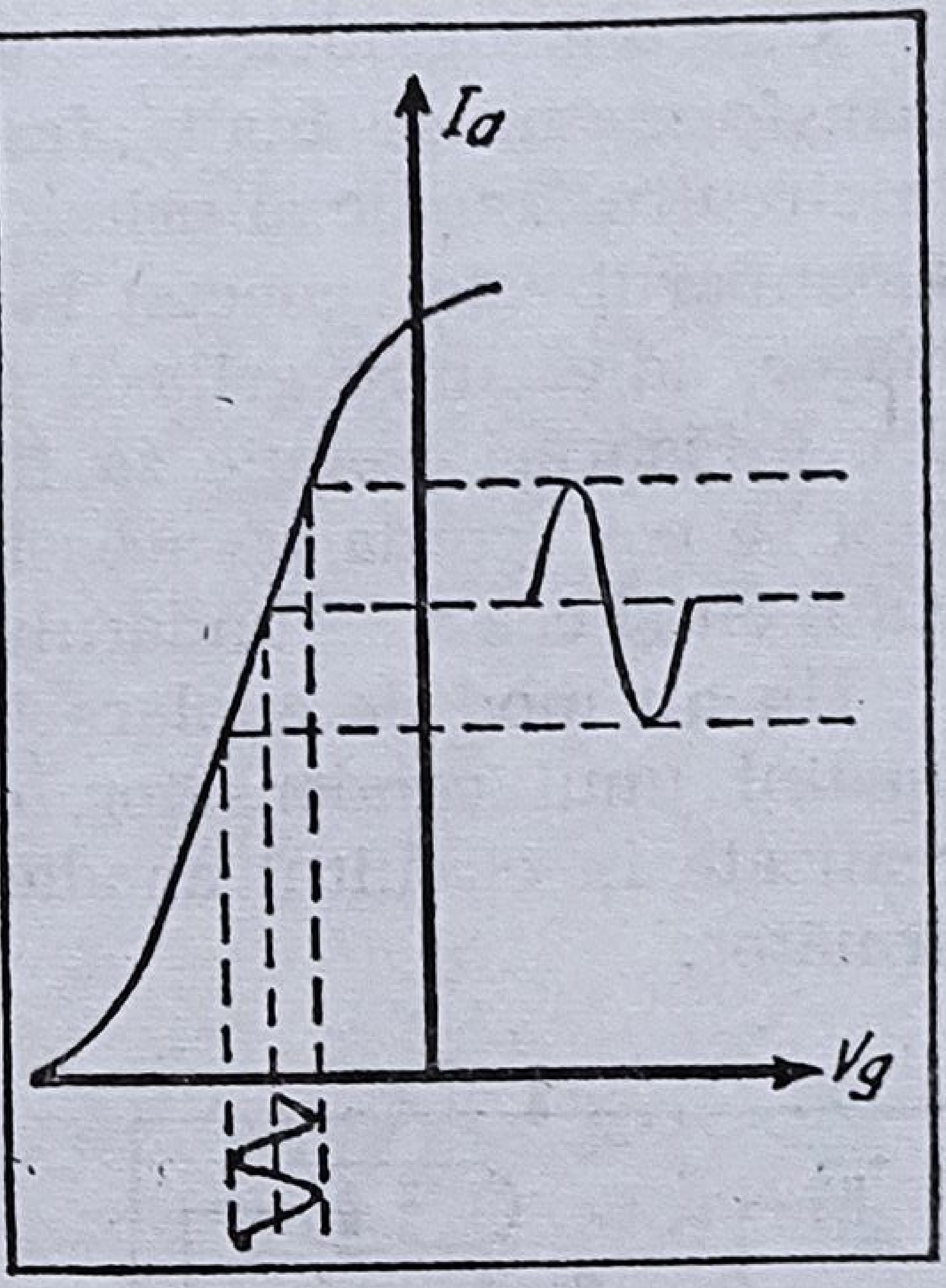
Din nou mă voi referi la o schemă și anume la cea prezentată mai sus. Între catod și polul negativ al bateriei de alimentare a anodului E_a se conectează o rezistență R. Curentul anodic traversează această rezistență plasată în drumul său și determină la capetele ei o cădere de tensiune. Prin aceasta catodul devine mai pozitiv decît polul negativ al bateriei E_a. Dar dacă ne uităm atent observăm că tot la acest pol negativ, abstracție făcînd de intrarea în curent alternativ, U_e, este legată și grila tubului, astfel încît prin cele descrise mai sus, rezultă că aceasta este mai negativă decît catodul.

Mai există însă o problemă, componenta alternativă a curentului anodic nu trebuie să treacă prin rezistența R de polarizare a catodului, deoarece prin aceasta grila ar fi polarizată cu o ten-

siune alternativă, tensiune ce este în opoziție de fază cu tensiunea de intrare. Situația respectivă ar duce la scăderea amplificării.

Pentru evitarea acestui inconvenient se conectează în paralel pe rezistența R un condensator C, care pentru componenta alternativă a curentului catodic este, prin impedanța sa, un scurt circuit. În consecință prin R nu va mai trece decît componenta continuă a curentului anodic.

Valoarea rezistenței trebuie astfel aleasă încît tensiunea de polarizare obținută să situeze tensiunea de negativare a grilei într-un punct ce corespunde porțiunii rectilinii a caracteristicii



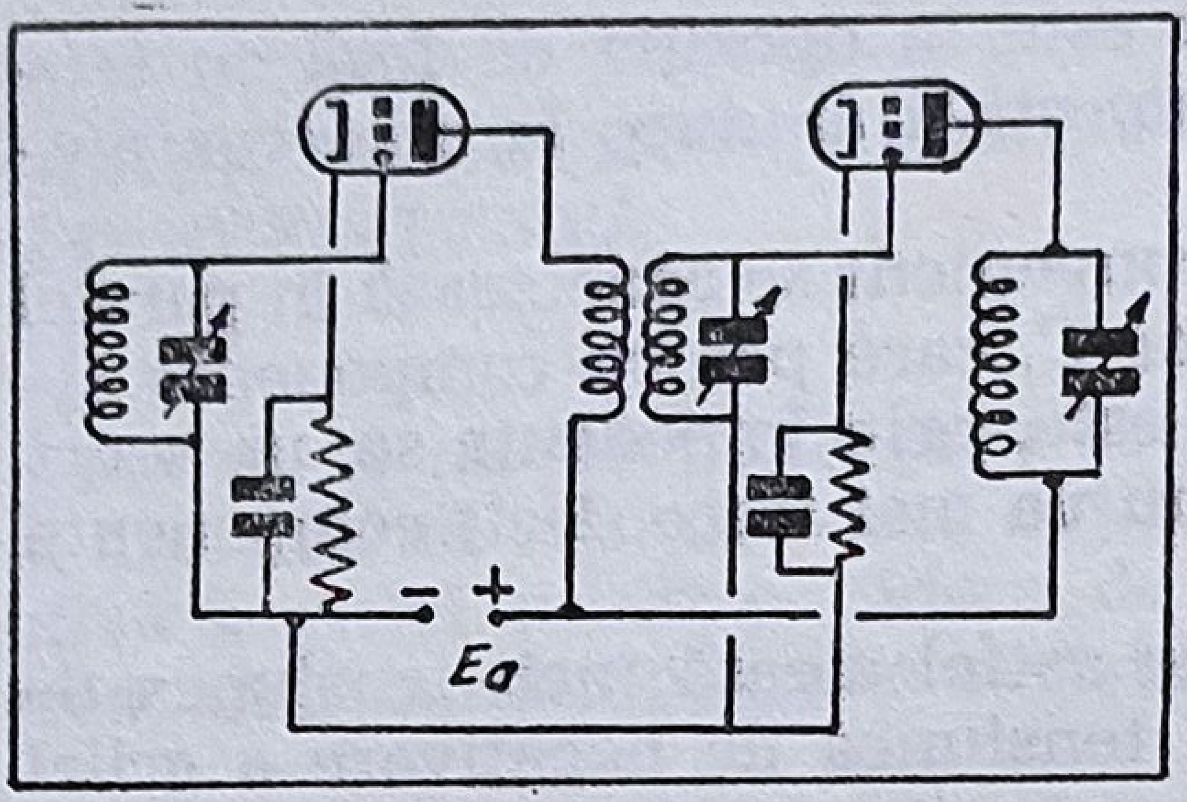
În procesul de amplificare variațiile tensiunii de grilă trebuie să fie limitate numai în cadrul porțiunii rectilinii a caracteristicii $I_a = f(V_g)$.

$I_a = f(V_g)$. Variațiile maxime ale tensiunii variabile de intrare nu trebuie să depășească această porțiune, astfel încît variațiile curentului anodic să fie proporționale acestei tensiuni.

LEGĂTURA SAU CUPLAJUL ÎNTRE ETAJELE DE AMPLIFICARE

Vă puteți da ușor seama că, dat fiind variațiile foarte slabe ale tensiunii obținute în circuitul de intrare al antenei, amplificarea corespunzătoare a semnalului se va realiza numai prin conectarea în serie a mai multor etaje de amplificare.

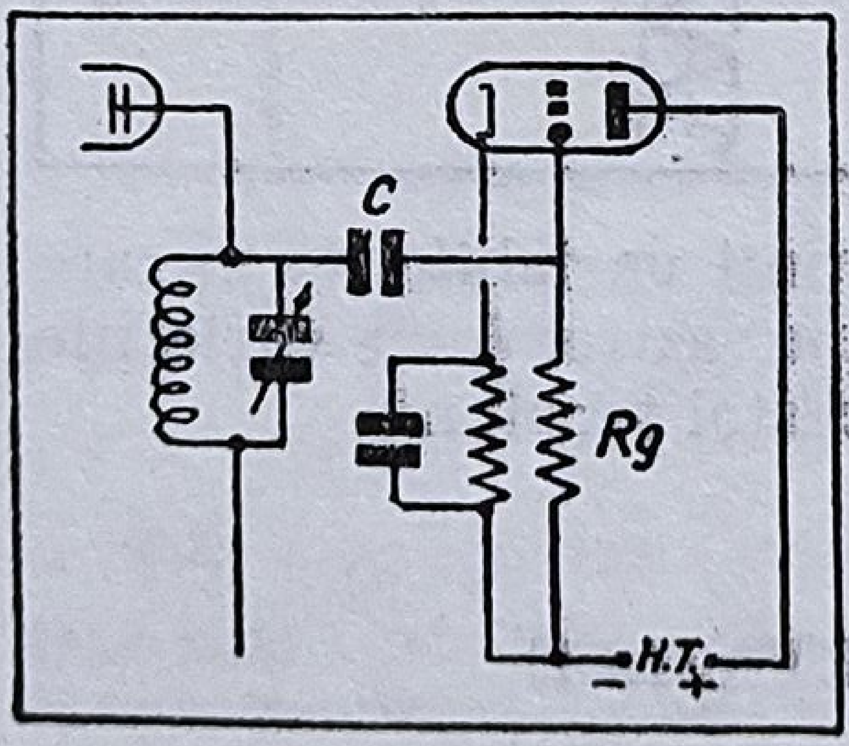
În acest scop tensiunea de ieșire obținută de la etajul precedent trebuie să furnizeze tensiunea de intrare etajului următor. Să vedem prin ce metode se poate realiza acest lucru în etajele de înaltă frecvență.



Cuplarea prin transformator cu secundar acordat a două etaje de amplificare de înaltă frecvență.

Una din metodele de cuplare se realizează cu ajutorul unui transformator de înaltă frecvență al cărui primar este plasat în circuitul anodic al primului etaj de amplificare cu triodă, iar secundarul este conectat în circuitul de intrare al etajului următor, adică între grila și catodul celei de a doua triode. Una din înfășurări trebuie să fie acordată pe înaltă frecvență. De fapt se pot acorda pe această frecvență atît înfășurarea primarului cît și cea a secundarului.

Un alt mod de cuplare între etaje se realizează prin intermediul unui condensator, care transmite tensiunile variabile realizate în circuitul anodic al primei triode, pe grila tubului următor.



Cuplarea a două etaje de amplificare prin intermediul unui condensator.

În acest caz tensiunea de polarizare a grilei celei de a doua triode — aceasta nu poate fi lăsată în aer — se obține cu ajutorul rezistenței R_g, care în general posedă o valoare destul de mare...

Observ că banda de magnetofon se apropie de sfîrșit. Trebuie să mă opresc deci. Și totuși mai sînt atîtea lucruri de spus cu privire la tuburile electronice. Dar le las cu încredere spre rezolvare în grija nepotului meu.

Convorbirea a 7-a

Amplificarea în A. F.

După ce explică cum reușește o triodă să amplifice și să detecteze în același timp, Curiosus descrie diverse metode de amplificare a tensiunilor de joasă frecvență. El trece în revistă cuplajele prin transformator și prin rezistență—capacitate, care asigură trecerea tensiunilor amplificate de la un etaj la altul. În încheiere, Curiosus prezintă diversele variante ale circuitului în contratimp.

CUM SE REALIZEAZĂ SIMULTAN AMPLIFICAREA ȘI DETECȚIA

IGNOTUS : Am ascultat cu multă atenție explicațiile unchiului tău despre triodă și despre utilizarea ei în amplificatoarele de înaltă frecvență. Acum aș vrea să trecem la partea de audiofrecvență, trecînd peste detecția pe care ne-o asigură dioda.

CURIOSUS : Știai că detecția se poate face și cu o triodă ?

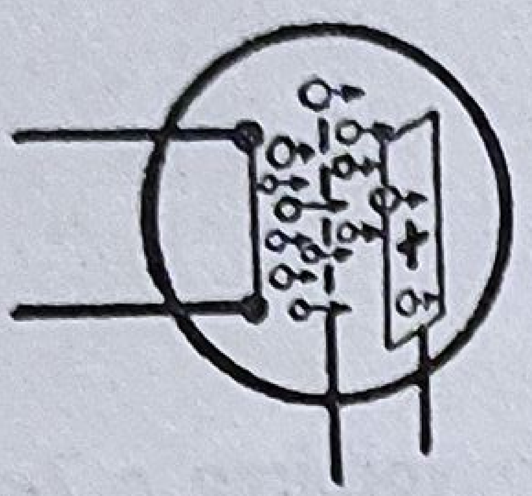
IGNOTUS : Se transformă cumva trioda în diodă, legînd grila la anod ?

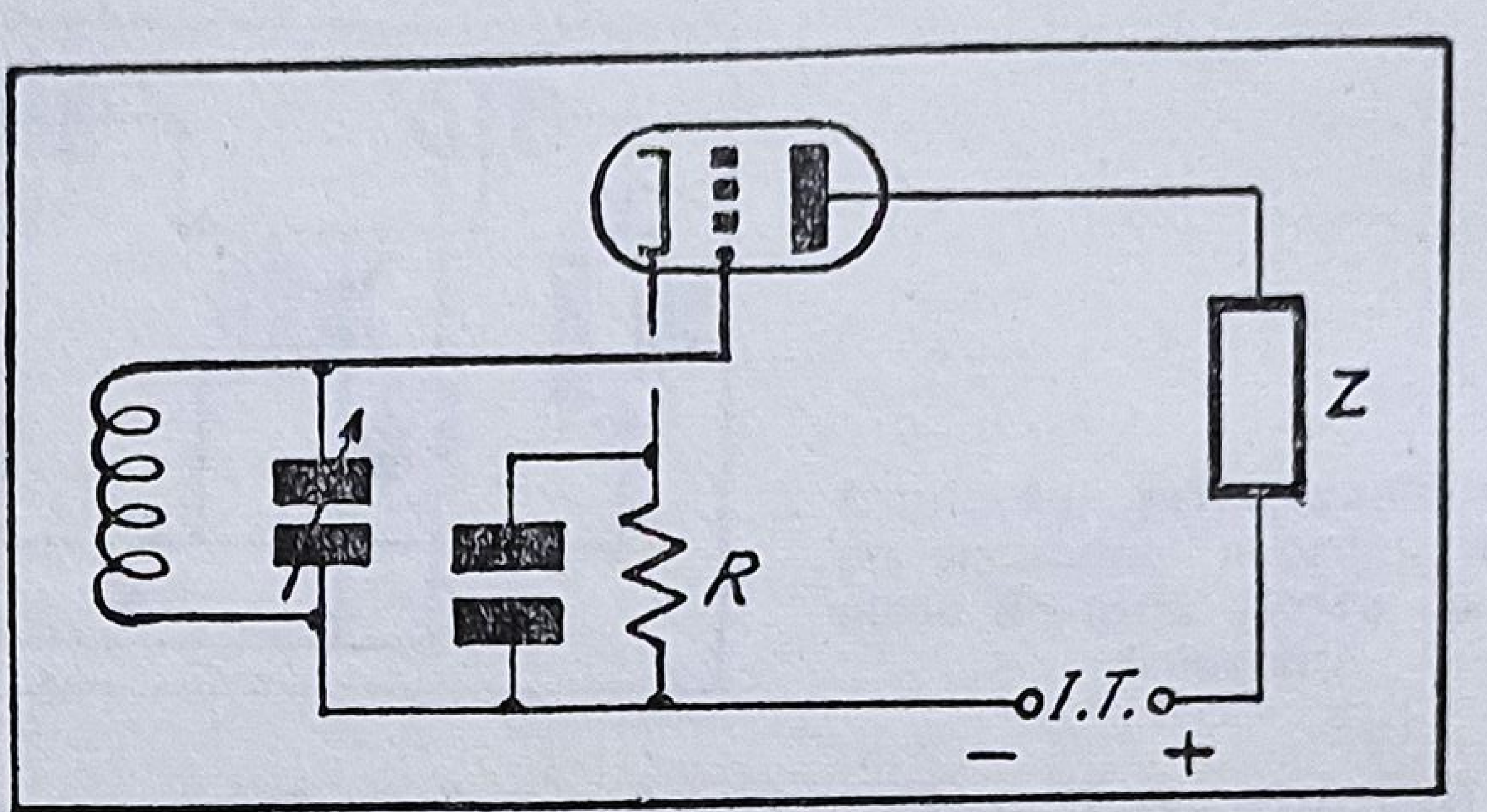
CURIOSUS : Se poate proceda și așa ; dar această soluție nu este folosită, deoarece nu prezintă nici un avantaj față de utilizarea unei simple diode. În schimb, îți voi arăta un circuit care asigură detecția și amplificarea în același timp. Pe impedanța Z din circuitul anodic apare o tensiune de audiofrecvență mai mare decît cea care se obține la detecția cu diodă.

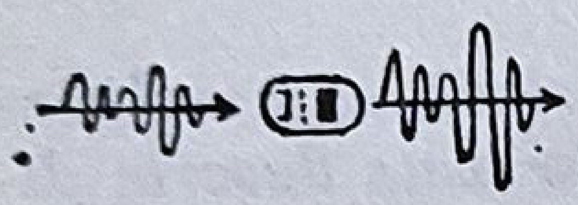


IGNOTUS : Îți bați joc de mine ? Schema reprezintă pur și simplu un etaj de amplificare de înaltă frecvență, identic cu cele descrise de unchiul tău.

CURIOSUS : Ai dreptate. Dar rezistența de polarizare R are o valoare suficient de ridicată pentru ca punctul de func-

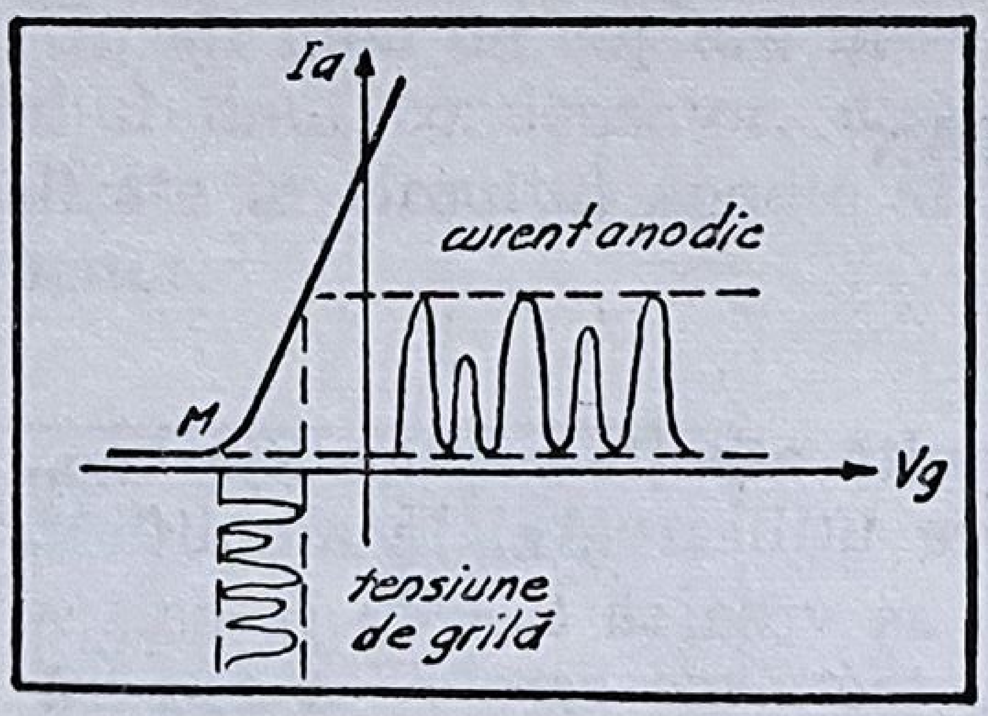






Datorită valorii mari a rezistenței de polarizare R, tubul efectuează, în același timp, amplificarea și detecția tensiunii de IF aplicate pe grilă.

ționare să corespundă celei mai mici valori a curentului anodic. Pe curba curentului anodic, acest punct este situat mult la stînga.



Detecție datorită curburii caracteristicii anodice în punctul de funcționare M.

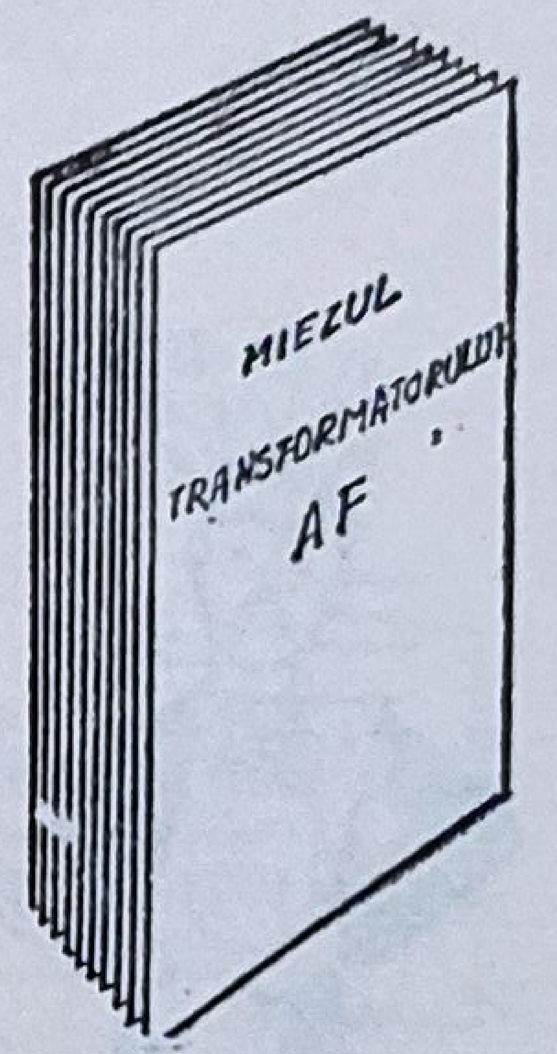
În aceste condiții, alternanțele pozitive ale tensiunii de înaltă frecvență, aplicată pe grilă, dau naștere unui curent anodic amplificat. Alternanțele negative reduc foarte puțin curentul anodic, pentru că și înainte de aplicarea tensiunii, acest curent era aproape nul.

Vezi deci că tensiunea care apare pe impedanța Z este formată, aproape exclusiv, din valori care corespund alternanțelor pozitive ale tensiunii de înaltă frecvență aplicată pe grilă. Iată deci că această tensiune este în același timp amplificată și detectată.

IGNOTUS : Constat că trioda are posibilități de-a dreptul universale. Poți să-i ceri cumva să amplifice și tensiunile de audiofrecvență ? Presupun că amplificarea înaltei frecvențe permite să se mărească sensibilitatea receptorului, în timp ce amplificînd joasa frecvență, mărim intensitatea audiției.

AMPLIFICAREA FRECVENȚELOR AUDIO

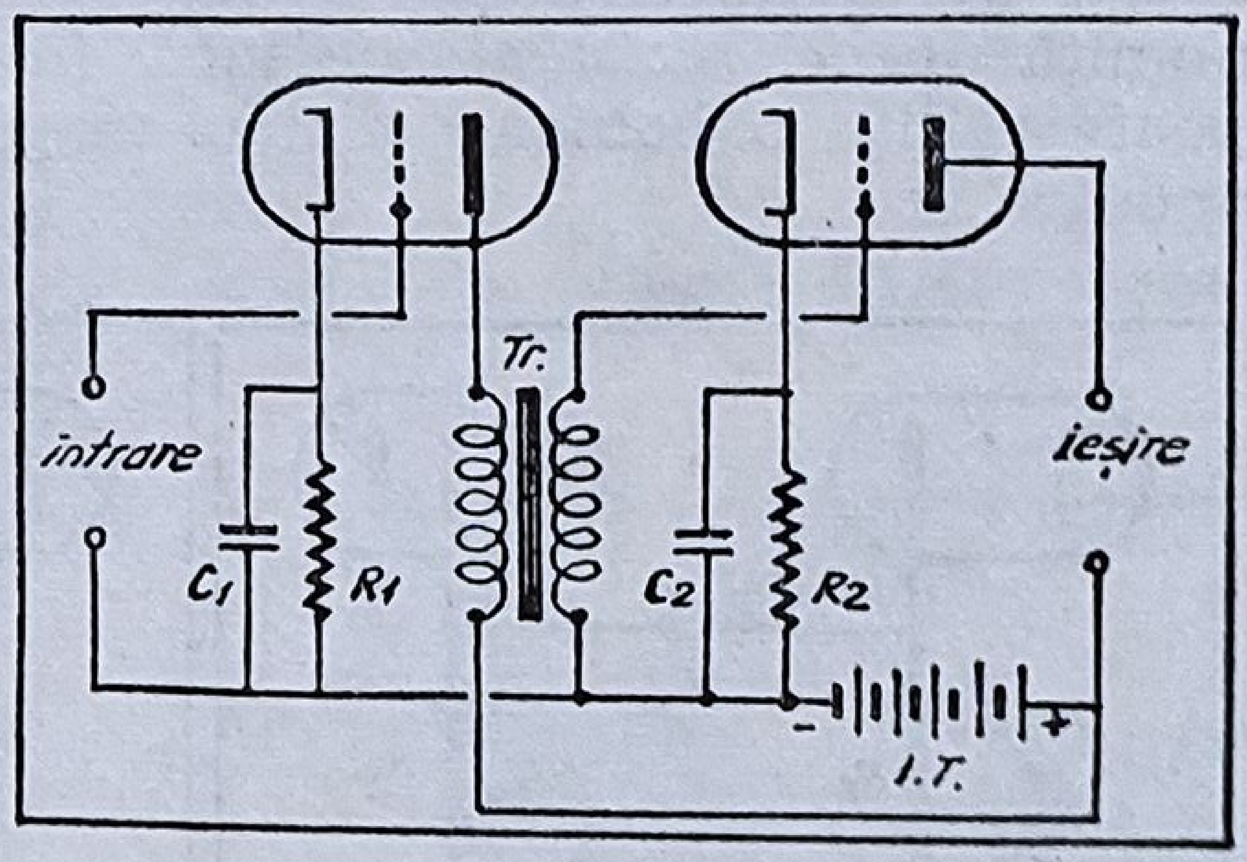
CURIOSUS : Uiți că amplificarea înaltei frecvențe asigură, datorită circuitelor acordate, o selectivitate bună. În plus, detecția este mult mai eficace atunci cînd amplitudinea tensiunii de detectat este destul de mare.



Ai însă dreptate cînd spui că amplificarea AF asigură un sunet mai puternic. Pentru difuzor este necesară o anumită putere. Într-un radioreceptor obișnuit, cîțiva wați ajung pe deplin. Dar atunci cînd trebuie să se transmită sunetul într-o sală mare, difuzoarelor trebuie să li se aplice zeci de wați, iar în aer liber sute de wați.

În mod normal, puterea necesară difuzorului este furnizată de *etajul final*. Rolul celorlalte etaje de AF, care preced etajul final, se reduce doar la amplificarea tensiunii obținute după detecție.

IGNOTUS : Cum se transmite tensiunea de AF de la un etaj la altul ?



Două etaje amplificatoare de AF cuplate între ele prin transformatorul Tr.

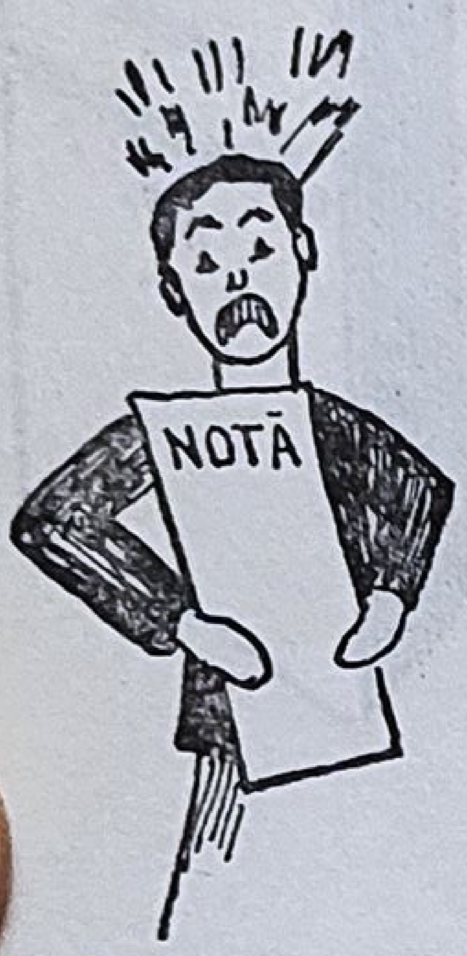
CURIOSUS : Există mai multe modalități de cuplaj între etaje. Cuplajul se poate realiza cu ajutorul unui transformator de AF, al cărui bobinaj primar este intercalat în circuitul anodic al etajului precedent ; secundarul este conectat între grila și catodul etajului următor (în serie cu circuitul de negativare format dintr-o rezistență în derivație cu un condensator).

IGNOTUS : Cum este construit un asemenea transformator ? Văd că are miez magnetic.

CURIOSUS : Miezul este absolut necesar în audiofrecvență. Pentru a evita apariția unor curenți Foucault importanți, miezul este format din tole de fier, izolate unele de altele.

IGNOTUS : Deci, dacă am înțeles bine, variația curentului anodic din primar induce în secundar o tensiune variabilă care se aplică la intrarea triodei următoare.

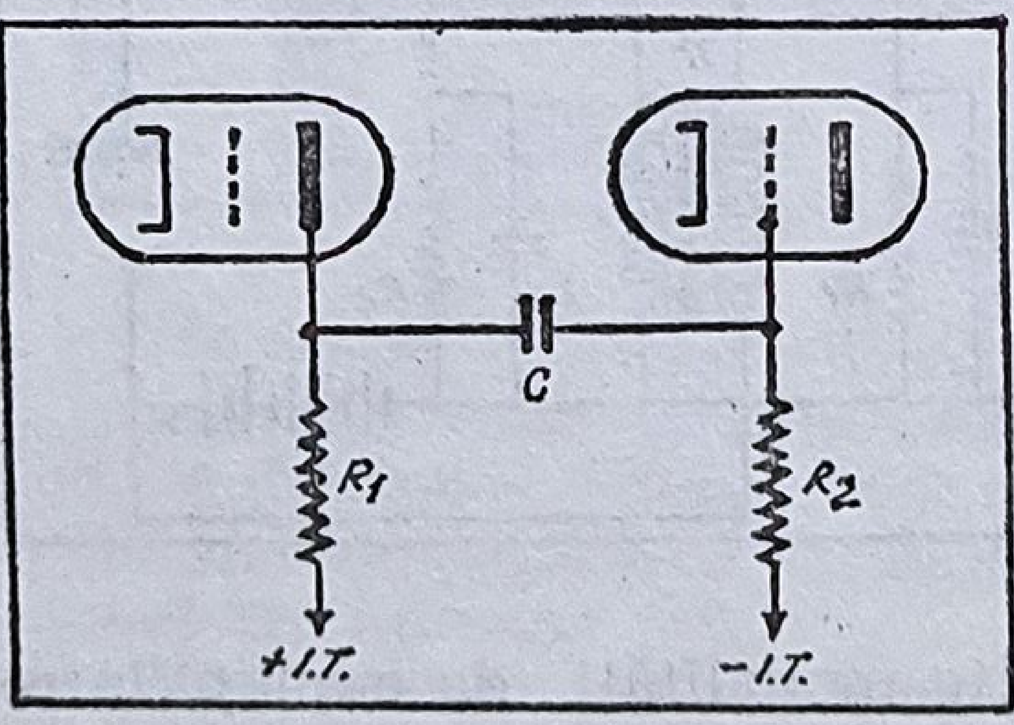
CUPLAJ PRIN REZISTENȚĂ — CAPACITATE



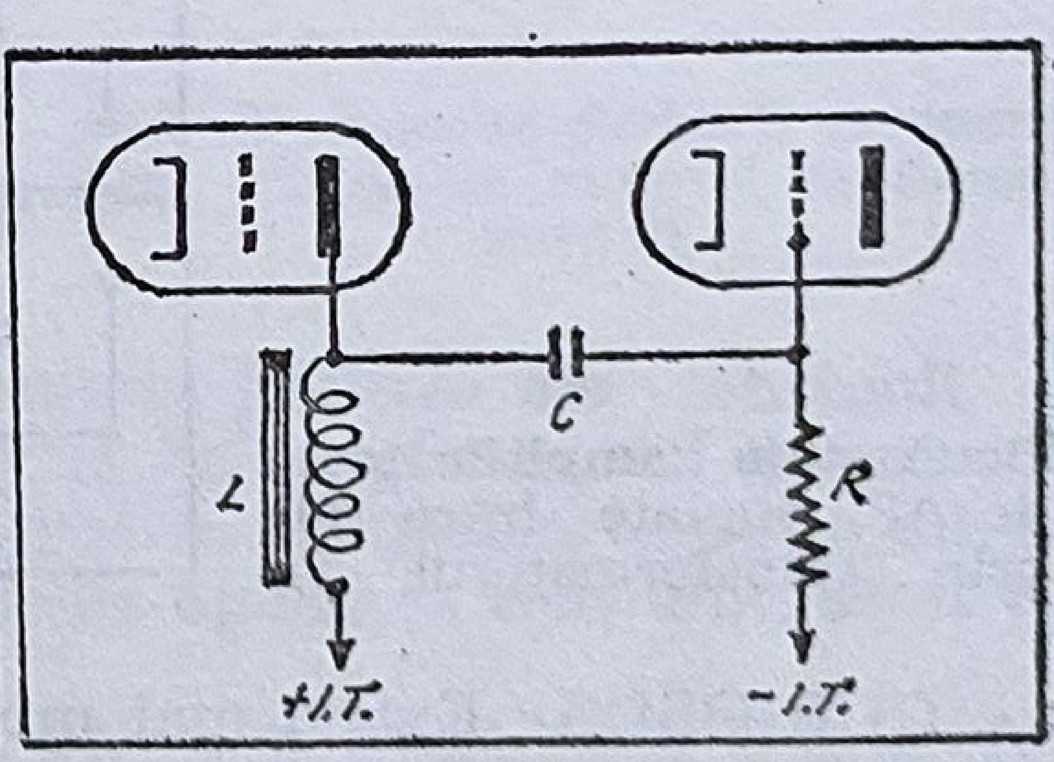
CURIOSUS : Așa este. Îți atrag atenția că trebuie să se utilizeze transformatoare de calitate bună, capabile să permită trecerea uniformă a întregii benzi a frecvențelor audio, ceea ce nu este deloc simplu.

Dacă prețul unui astfel de dispozitiv ți se pare prea mare, poți realiza cuplajul dintre două etaje de AF cu ajutorul a două rezistențe și al unui condensator. Va trebui să conectezi o rezistență în circuitul anodic al etajului precedent. Tensiunile variabile de pe această rezistență le vei transmite prin intermediul unui condensator pe grila tubului următor.

Cum nu vei putea să lași grila în aer, deoarece condensatorul nu asigură potențialul continuu necesar pentru a fixa punctul de funcționare al tubului, vei lega grila la polul negativ al sursei de înaltă tensiune printr-o rezistență de valoare mare, numită uneori *rezistența de fugă*. În circuitul anodic se mai poate utiliza o bobină cu miez magnetic, în locul rezistenței anodice.



Cuplaj prin rezistență și capacitate între două etaje de AF.



Cuplaj prin bobină și capacitate.

IGNOTUS : Nu s-ar putea folosi cuplajele prin rezistență — capacitate în amplificarea de IF ?

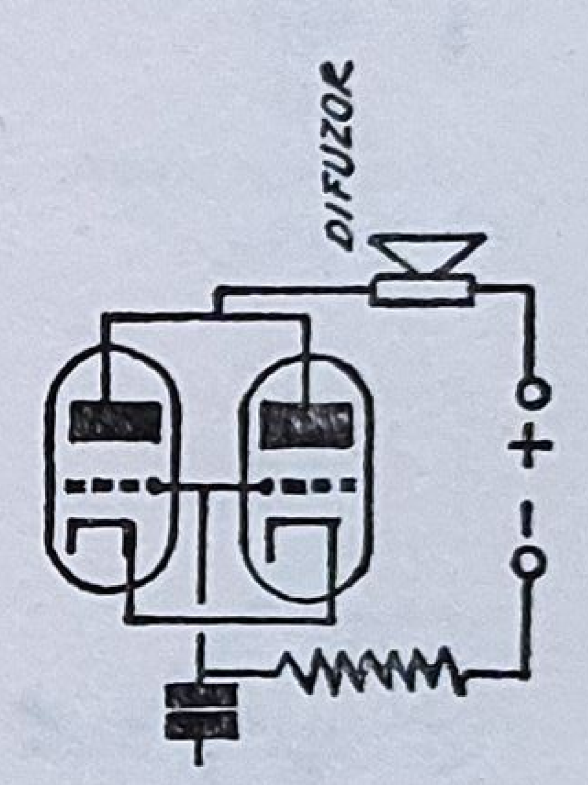
CURIOSUS : Ba da, pentru că funcționarea acestui tip de circuit nu depinde practic de frecvență. Dar ceea ce este util în AF, nu este avantajos în IF unde trebuie asigurată o selectivitate bună, care nu poate fi obținută decît întrebuințînd circuite acordate.

SCHEMA ÎN CONTRA-TIMP

IGNOTUS : Cîte etaje de AF există de obicei într-un radioreceptor ?

CURIOSUS : Cel mai adesea, două. Primul are rolul de a amplifica tensiunea de AF. Al doilea este etaj final și furnizează difuzorului puterea necesară.

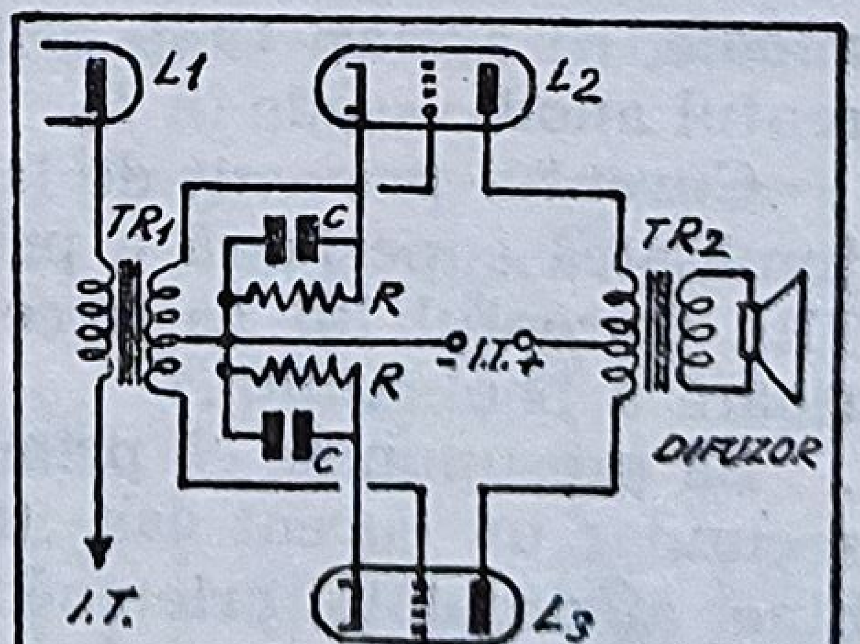
IGNOTUS : Nu s-ar putea folosi în acest scop două triode legate în paralel ? Înțeleg prin aceasta că vom conecta în paralel atît catozii cît și grilele și anozii triodelor.



CURIOSUS : E posibil. În acest fel s-ar dubla puterea la ieșire. Acest rezultat se obține însă în condiții mult mai avantajoase, utilizînd *montajul în contratimp* cunoscut și sub numele de *push-pull*.

IGNOTUS : În ce constă acest montaj ? După cîte știu, „contratimp" nu reprezintă traducerea termenului englez push-pull, care înseamnă „împinge — trage". Ce se trage și ce se împinge în contratimp ?

CURIOSUS : Este vorba despre cîmpuri magnetice. Privește schema pe care ți-am desenat-o. Tubul preamplificator L_1 este cuplat cu etajul final format din triodele L_2 și L_3 printr-un transformator de joasă frecvență cu priză mediană în secundar. Această priză este legată la polul negativ al sursei de înaltă tensiune. Fiecare din capetele secundarului este conectat la grila uneia din triodele finale. Poți deduce funcționarea schemei ?



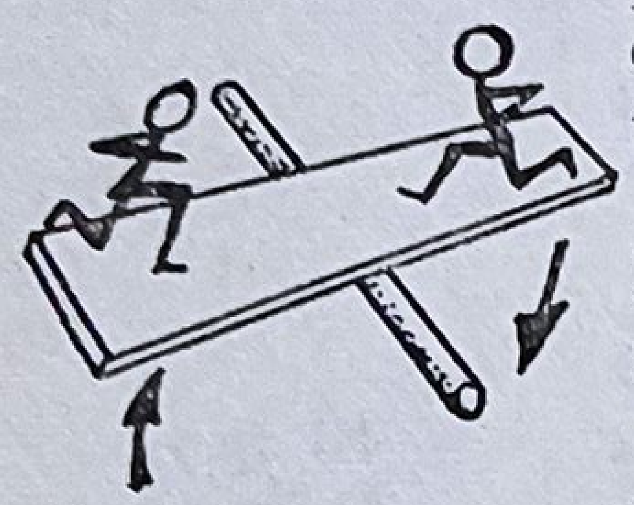
Amplificator AF în contratimp.

IGNOTUS : Cred că triodele se află într-o permanentă opoziție. Variațiile de potențial care se aplică de pe secundarul transformatorului TR_1 pe grilele lor au faze opuse.

Cînd curentul indus în bobinajul secundar trece de sus în jos, capătul superior al bobinajului va fi mai negativ decît cel

inferior. În timpul alternanței următoare se produce fenomenul invers. Bineînțeles, ca de obicei, vorbesc de sensul curentului de electroni și nu de sensul convențional al curentului electric.

CURIOSUS : Sînt întru totul de acord... Deci variațiile de potențial aplicate pe grilele celor două tuburi finale sînt în opoziție, ceea ce justifică atît denumirea românească „contratimp“ cît și termenul englezesc „push-pull“.



IGNOTUS : Îmi amintesc de un număr pe care l-am văzut la circ. Doi echilibriști stăteau pe capetele unei scînduri care se sprijinea la mijloc pe o bară. Atunci cînd unul din ei sărea și recădea pe scîndură, aceasta se apleca brusc și îl azvîrlea în aer pe celălalt echilibrist. La rîndul ei, căderea celui de al doilea echilibrist îl arunca în sus pe cel dintîi. Și jocul continua cu o... frecvență joasă.

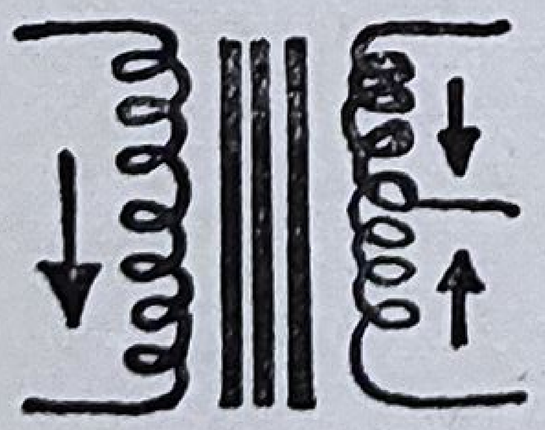
CURIOSUS : Tuburile noastre se comportă la fel. În timpul alternanței care determină creșterea curentului anodic într-un tub, curentul celui de al doilea tub scade ; procesul este invers în timpul alternanței următoare.

IGNOTUS : Foarte amuzant. Văd că cei doi curenți anodici ajung la capetele bobinajului primar al altui transformator. Avînd faze opuse, ei se vor anula și montajul nu va servi la nimic.

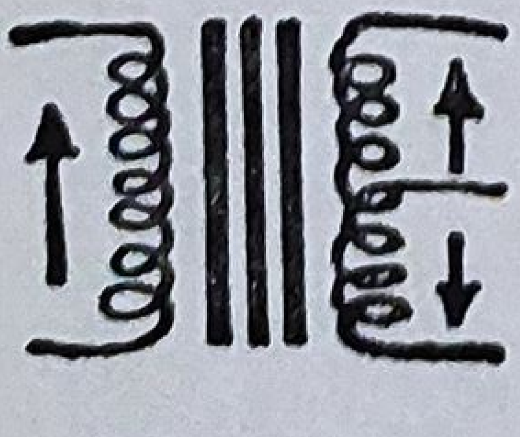
CURIOSUS : Te înșeli, Ignotus. Privește cu atenție schema. Vei observa că cei doi curenți vin în bobinaj din sensuri opuse. Și cum variațiile lor sînt ele însele opuse, curenții induși de ele în secundar vor avea același sens și se vor aduna.

IGNOTUS : O clipă, Curiosus. Dă-mi voie să analizez mai atent fenomenul. Să zicem că o alternanță face ca grila lui L_2 să devină mai pozitivă, ceea ce atrage creșterea curentului său anodic. nÎ același timp grila lui L_3 devine mai negativă și curentul anodic scade în L_3.

Curentul provenit de la anodul lui L_2 trece de sus în jos în jumătatea superioară a primarului transformatorului de ieșire TR_2. Curentul lui L_3 trece de jos în sus prin jumătatea inferioară a bobinajului.



Să presupunem că primul dintre acești curenți va induce în secundar un curent care trece, la rîndul lui, de sus în jos. Ei bine, ai dreptate, prietene ! Curentul lui L_3 care scade, dar al cărui sens este opus celui din L_2, va induce în secundar un curent care va circula și el de jos în sus. Prin urmare, cei doi curenți se vor aduna.



CURIOSUS : Îmi pare bine că ai înțeles. Montajul în contratimp prezintă un mare avantaj : deoarece componentele continue ale curenților anodici ai tuburilor L_2 și L_3 au sensuri opuse în primarul transformatorului, miezul nu se magneti-

zează în curent continuu, permeabilitatea crește și se îmbunătățește inducția curentului în secundar.

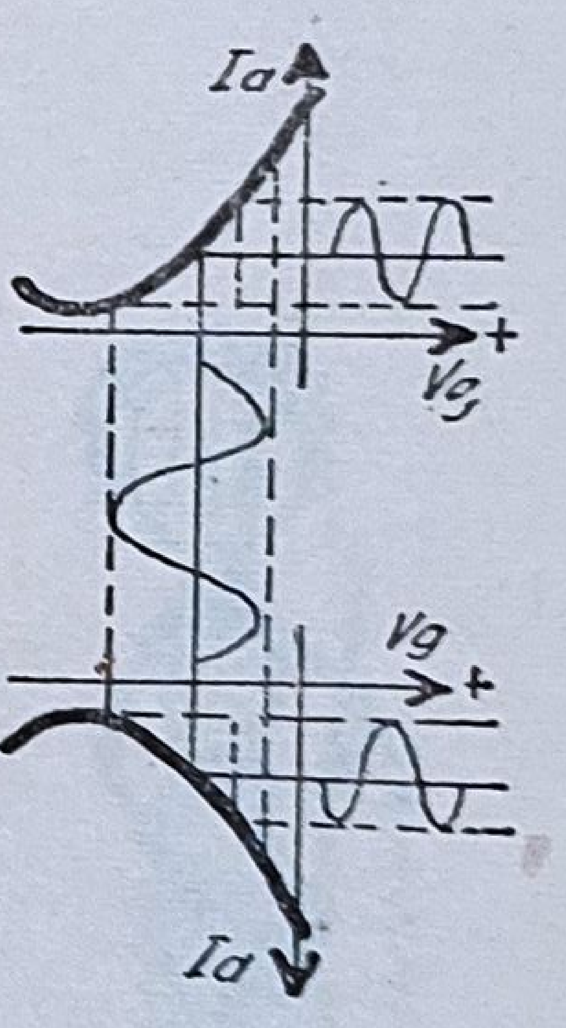
Pe de altă parte, datorită perfectei simetrii a acestei scheme, deformațiile pe care le poate produce un defect de linearitate al caracteristicelor tuburilor finale (aceste deformații sînt numite *distorsiuni)* se anulează reciproc, prin opoziția curenților anodici.



TUBUL DEFAZOR

IGNOTUS : M-ai convins. Voi fi un susținător înfocat al schemei în contratimp. Cred însă, că acest circuit este foarte scump, pentru că două transformatoare de joasă frecvență cu prize mediane trebuie să coste mult.

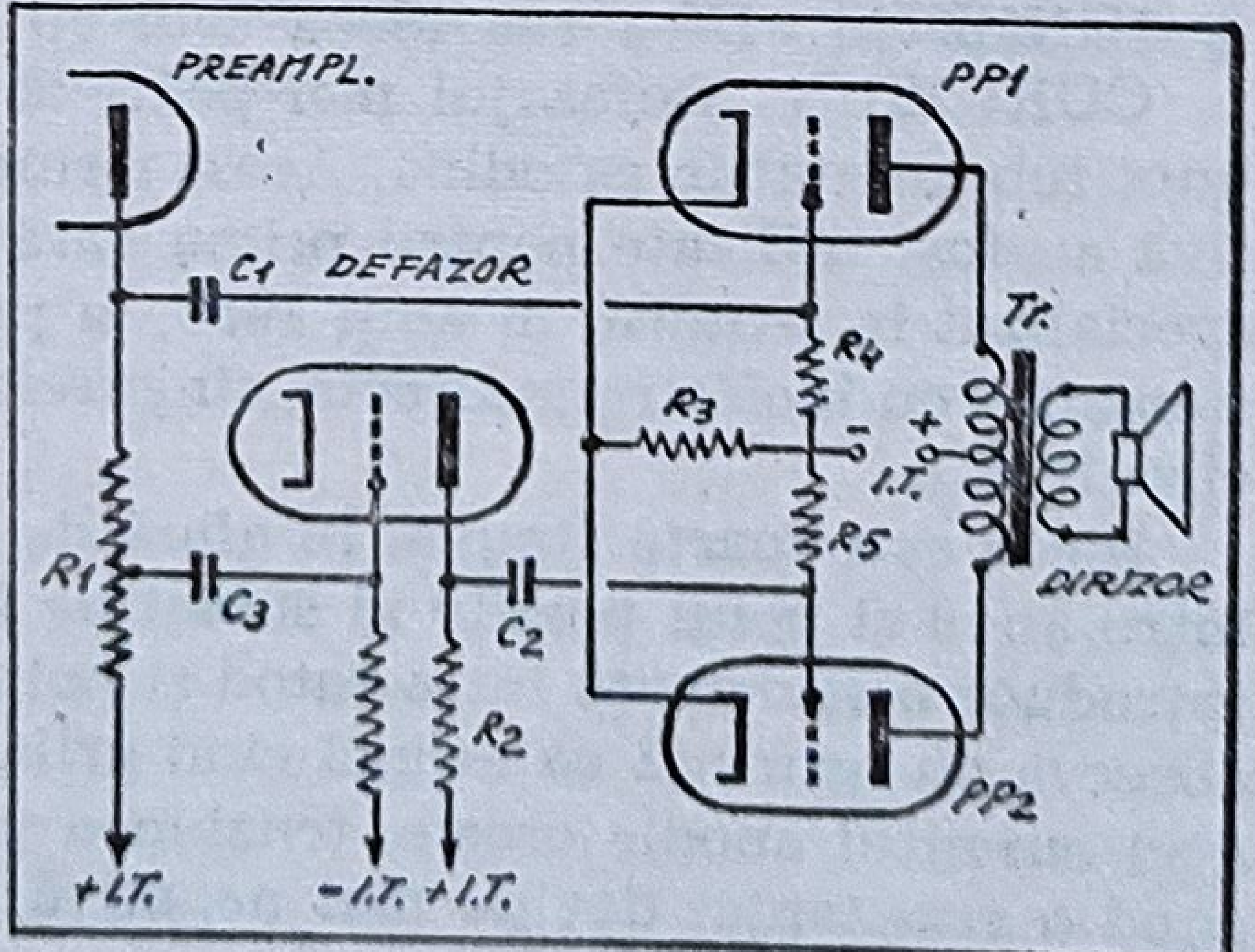
CURIOSUS : La primul transformator putem renunța, dacă vrei. El are rolul de a pune în opoziție de fază tensiunile variabile aplicate pe tuburile finale. Acest rezultat se poate obține și pe alte căi, de exemplu cu ajutorul unui *tub defazor*.



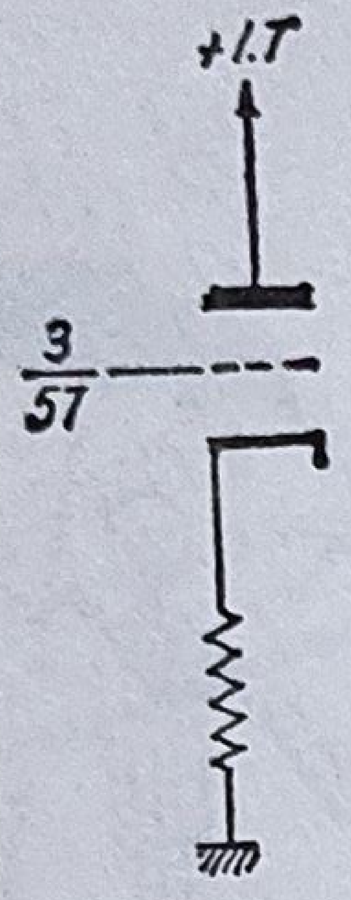
După cum știi, tensiunea variabilă care apare pe impedanța anodică este în opoziție de fază cu tensiunea de pe grilă. Cînd grila devine mai pozitivă, curentul anodic crește și produce o cădere mare de tensiune pe impedanța din circuitul anodic. În această situație capătul dinspre anod al impedanței, devine mai negativ.

Ei bine, vom folosi o triodă defazoare pentru a aplica pe cele două triode finale tensiuni de AF opuse ca fază.

In schema pe care am desenat-o, tensiunea variabilă care apare pe rezistența R_1 parcursă de curentul anodic al tubului



În această schemă în contratimp, transformatorul de intrare este înlocuit cu un tub defazor.



preamplificator, este aplicată, prin condensatorul C_1, pe grila unuia din tuburile în contratimp.

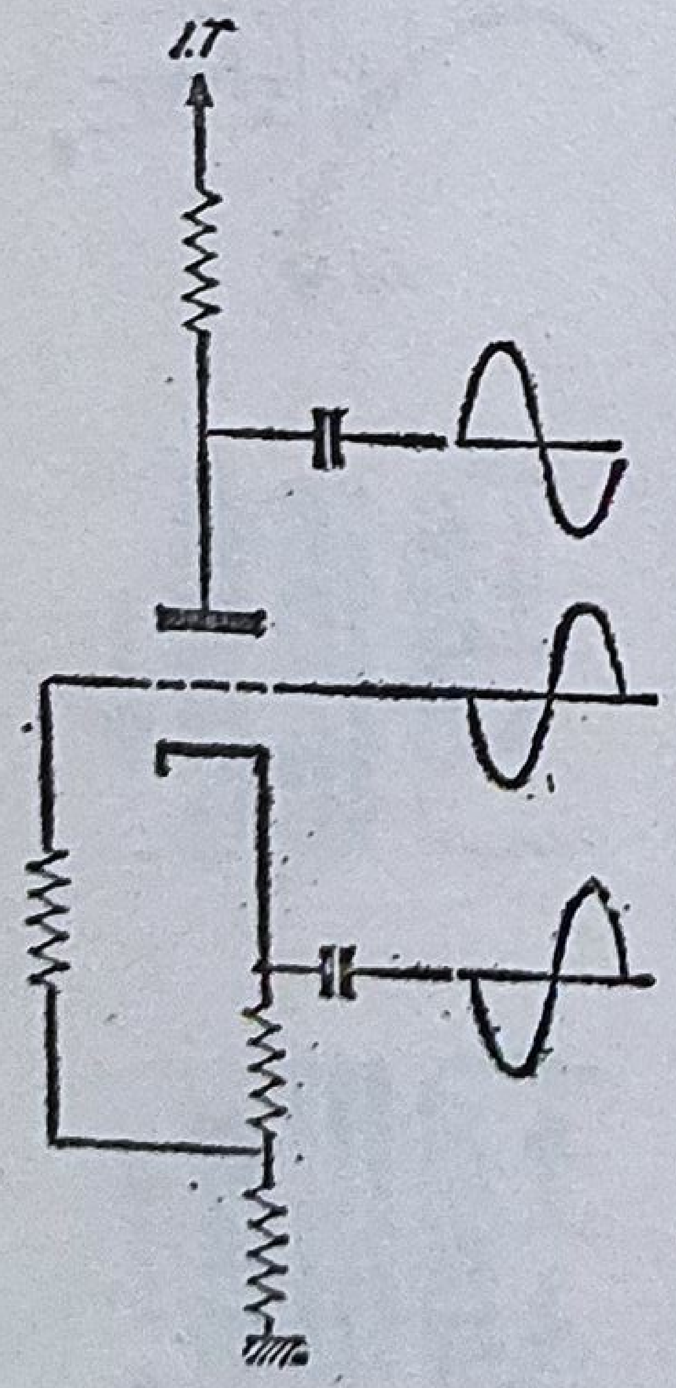
O parte din această tensiune, obținută pe o priză a rezistenței R_1, este aplicată, prin condensatorul de cuplaj C_3, pe grila tubului defazor. Tensiunea defazată apare pe rezistența R_2 din circuitul anodic și este aplicată, prin condensatorul C_2 pe al doilea tub al montajului în contratimp.

IGNOTUS : De ce trebuie să aplicăm pe grila tubului defazor doar o parte din tensiunea de pe rezistența R_1 ?

CURIOSUS : Pentru că, la fel cu celelalte triode, acest tub amplifică tensiunea ce i se aplică la intrare. Și cum tensiunile care ajung pe grilele celor două tuburi finale trebuie să fie egale între ele, dar în opoziție de fază, este necesar să reducem tensiunea aplicată pe grila tubului defazor.

Dacă, de exemplu, tubul nostru amplifică tensiunea de 5 ori, va trebui să luăm de pe R_1 numai o cincime din tensiunea totală. Situația optimă ar fi să existe pe rezistență un contact mobil, care să permită extragerea tensiunii de pe o porțiune oarecare a rezistenței.

O astfel de rezistență prevăzută cu o priză reglabilă se numește *potențiometru*. Ea este alcătuită, în general, dintr-un fir cu rezistivitate mare, înfășurat în jurul unei plăcuțe izolante, îndoită astfel încît să formeze un cilindru. Un contact mobil comandat de un buton se rotește în jurul unui ax aflat în centrul cilindrului, și, atingînd diverse puncte ale rezistenței, constituie priza variabilă.



MONTAJUL CATODINĂ

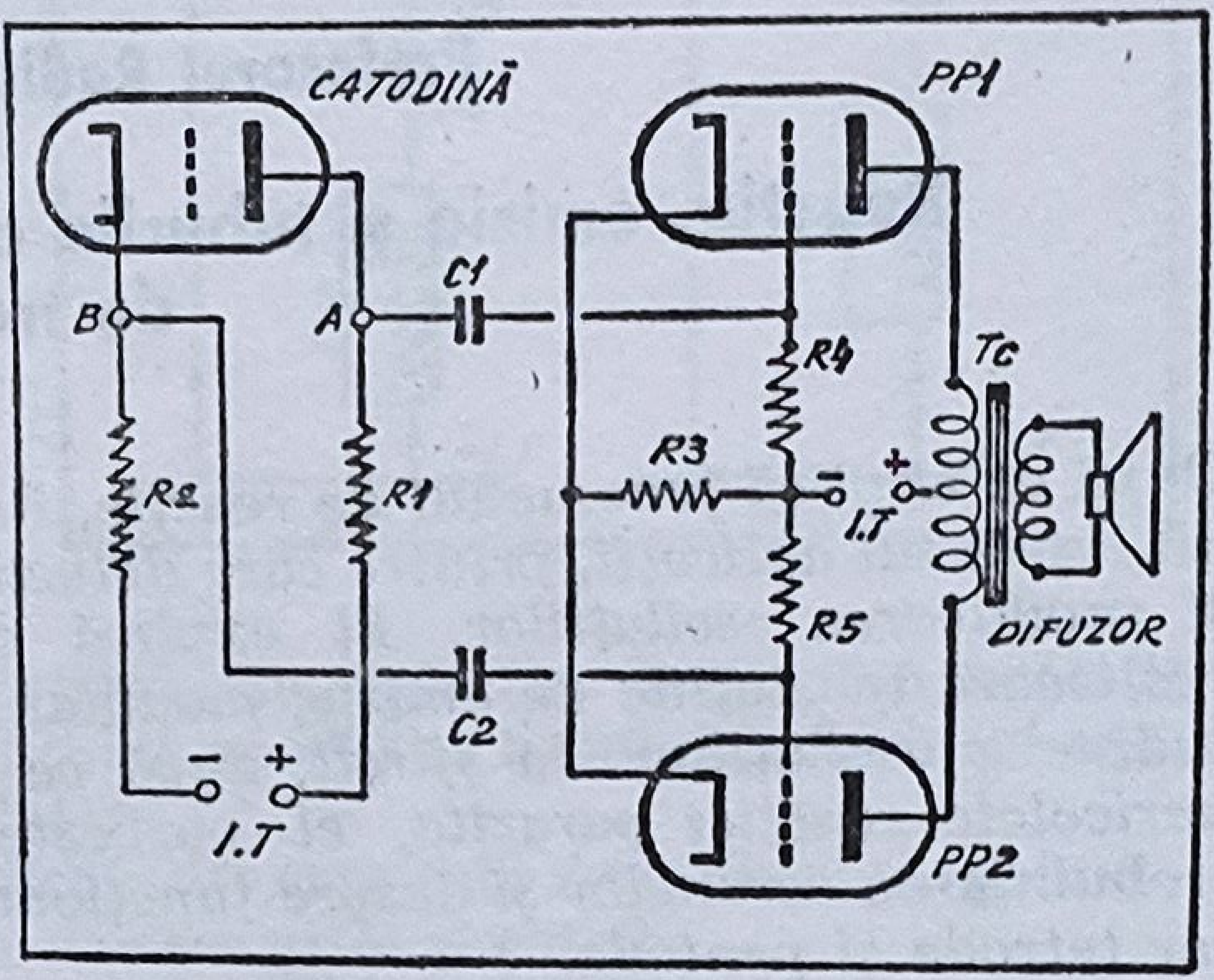
IGNOTUS : Nu-i rea ideea asta cu tubul defazor !

CURIOSUS : Defazajul mai poate fi obținut și cu ajutorul unui tub montat în catodină. Acest termen, ca și schema respectivă au fost utilizate pentru prima oară de un ziarist francez specializat în tehnică, în anul 1930, la puțin timp după apariția tuburilor cu încălzire indirectă, singurele care permit realizarea circuitului.

Ideea este foarte simplă. În afară de rezistența care se leagă între anod și polul pozitiv al sursei de înaltă tensiune, se mai introduce o rezistență între catod și polul negativ al sursei. Vei observa cu ușurință că atunci cînd grila devine mai pozitivă și deci curentul anodic crește, tensiunea pe extremitatea dinspre anod a rezistenței devine mai negativă, în timp ce la capătul

dinspre catod al celeilalte rezistențe, tensiunea tinde să fie mai puțin negativă.

Tensiunile de pe anodul și de pe catodul tubului catodină sînt deci în opoziție de fază și pot fi aplicate, prin cîte un condensator de cuplaj, pe grilele celor două tuburi în contratimp.



Montaj în contratimp pentru care se asigură defazajul tensiunilor de intrare printr-o catodină. Tensiunile aplicate pe tuburile PP_1 și PP_2 sînt extrase din anodul și din catodul catodinei.

IGNOTUS : Semnalul se și amplifică în catodină ?

CURIOSUS : Nu, pentru că variațiile de tensiune pe anod sînt în fază cu cele de pe grilă și tensiunea de intrare pe grilă este mică. Nu putem cere totuși unei triode chiar atîtea de servicii diferite.

IGNOTUS : Mi se pare suficient că trioda poate să detecteze și să amplifice, atît în înalta frecvență, cît și în joasă frecvență.

CURIOSUS : Posibilitățile ei nu se limitează la atît. Ea mai este întrebuințată și pentru generarea oscilațiilor. Acum e prea tîrziu ca să-ți mai explic în ce constă și cum funcționează un oscilator. Cred însă, că unchiului meu îi va face plăcere să-ți dea lămuriri în această privință.



Profesorul Radiol analizează

Reacția, emisia și tuburile cu mai mult de trei electrozi

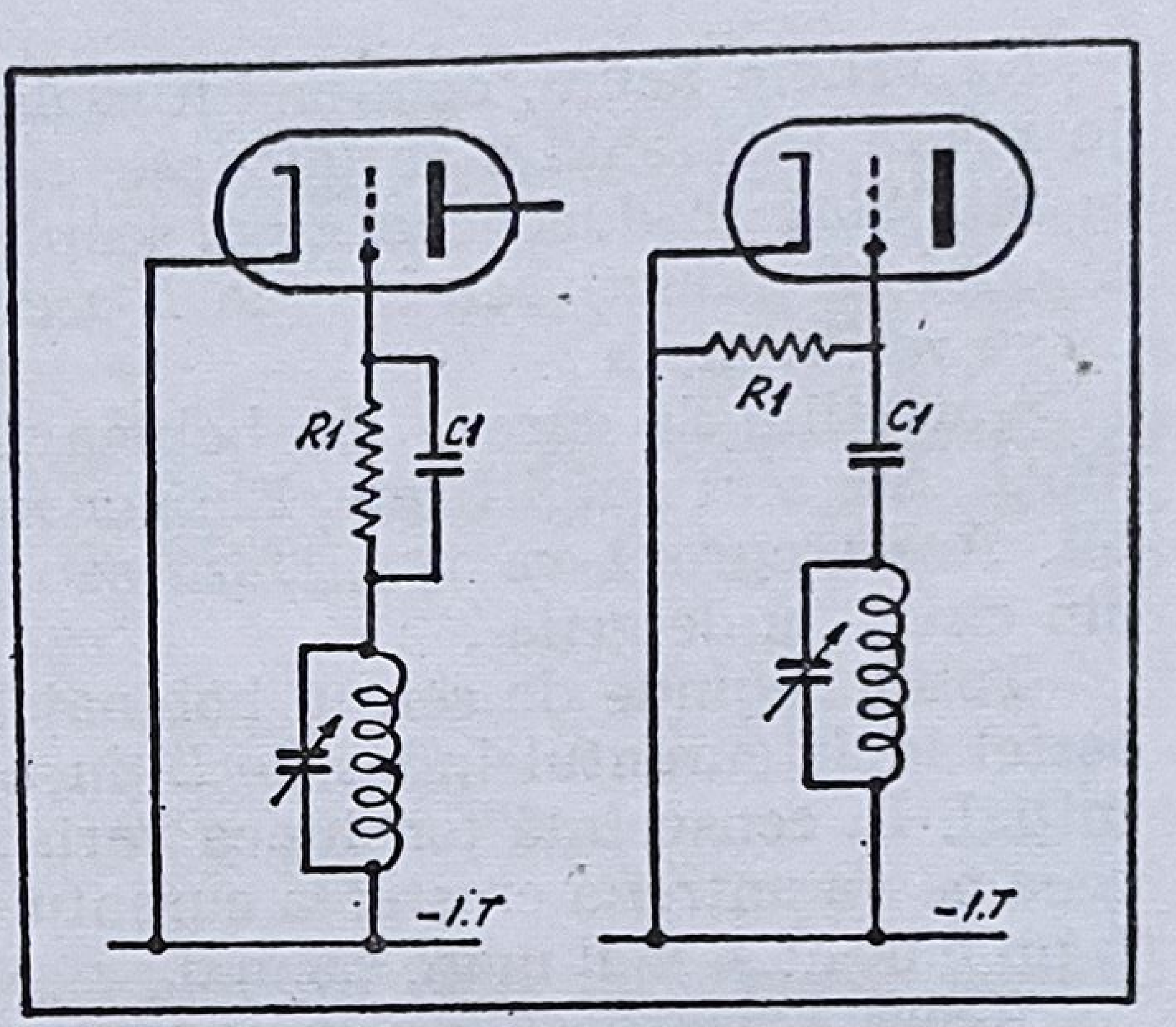
După ce explică fenomenul de reacție, Radiol descrie diversele lui aplicații, printre care detecția cu reacție și producerea oscilațiilor. El explică apoi cum se realizează în stațiile de emisie, modularea în amplitudine a oscilațiilor. În sfîrșit, după ce examinează pericolele reacției parazite, el vorbește despre întrebuințarea ecranelor și despre funcționarea tuburilor tetrode și pentode.

Aveți dreptate, dragii mei, posibilitățile tuburilor electronice sînt într-adevăr impresionante. La rîndul meu, vă voi spune cu plăcere cum se generează oscilațiile. Mai întîi însă aș vrea să vă arăt în ce fel poate realiza o triodă procesul pe care-l numim „detecție de grilă".

DETECȚIE + AMPLIFICARE

În acest montaj, foarte utilizat altă dată, grila are un dublu rol : cel de anod al unei diode detectoare și cel de grilă a unui tub amplificator.

Neavînd o polarizare fixă, grila captează, în perioadele cînd tensiunea variabilă de pe circuitul acordat o pozitivează, o parte din electronii emiși de catod. Ia naștere un curent cu sensul catod-grilă care produce o cădere de tensiune pe rezistența R_1. Acumulat datorită condensatorului C_1, curentul produce o tensiune de AF.



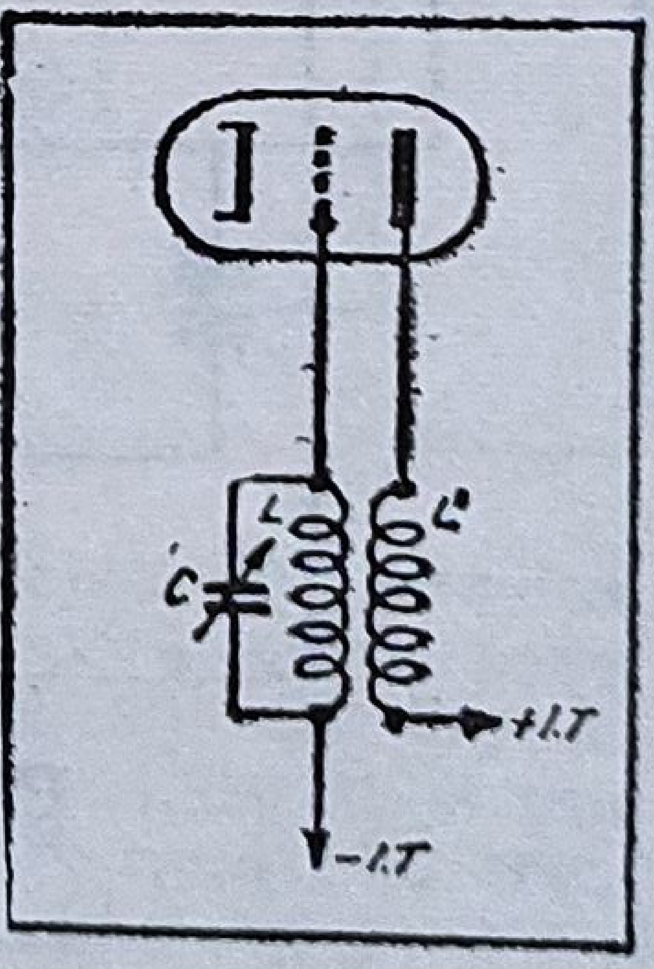
Detecția de grilă a triodei se datorează rezistenței R_1 care poate fi conectată între grilă și catod, fie printr-un circuit acordat (stînga) fie direct (dreapta).

Această tensiune, rezultată din detecție, determină variații corespunzătoare ale curentului anodic al tubului, asigurînd astfel amplificarea semnalului de AF.

Te rog să reții că rezistența R_1 care este de ordinul megohmilor poate fi conectată direct între grilă și catod.

AVANTAJELE REACȚIEI

Pînă acum am mers numai înainte. Am pătruns în radioreceptor prin antenă, am ajuns la circuitul de intrare, apoi, trecînd prin amplificatorul de înaltă frecvență, am sosit la detecție și de aci am intrat în amplificatorul de AF, al cărui etaj final trimite semnalul în difuzor.



Curentul anodic care trece prin bobinajul L' induce un curent de reacție în bobinajul L al circuitului acordat din grilă

Să vedem acum, ce s-ar întîmpla dacă un curent amplificat de înaltă frecvenţă s-ar întoarce, după amplificare, la intrarea în tub. Să introducem în acest scop în circuitul anodic o bobină L' cuplată inductiv cu bobina L a circuitului acordat din grilă. Ce se va întîmpla ?

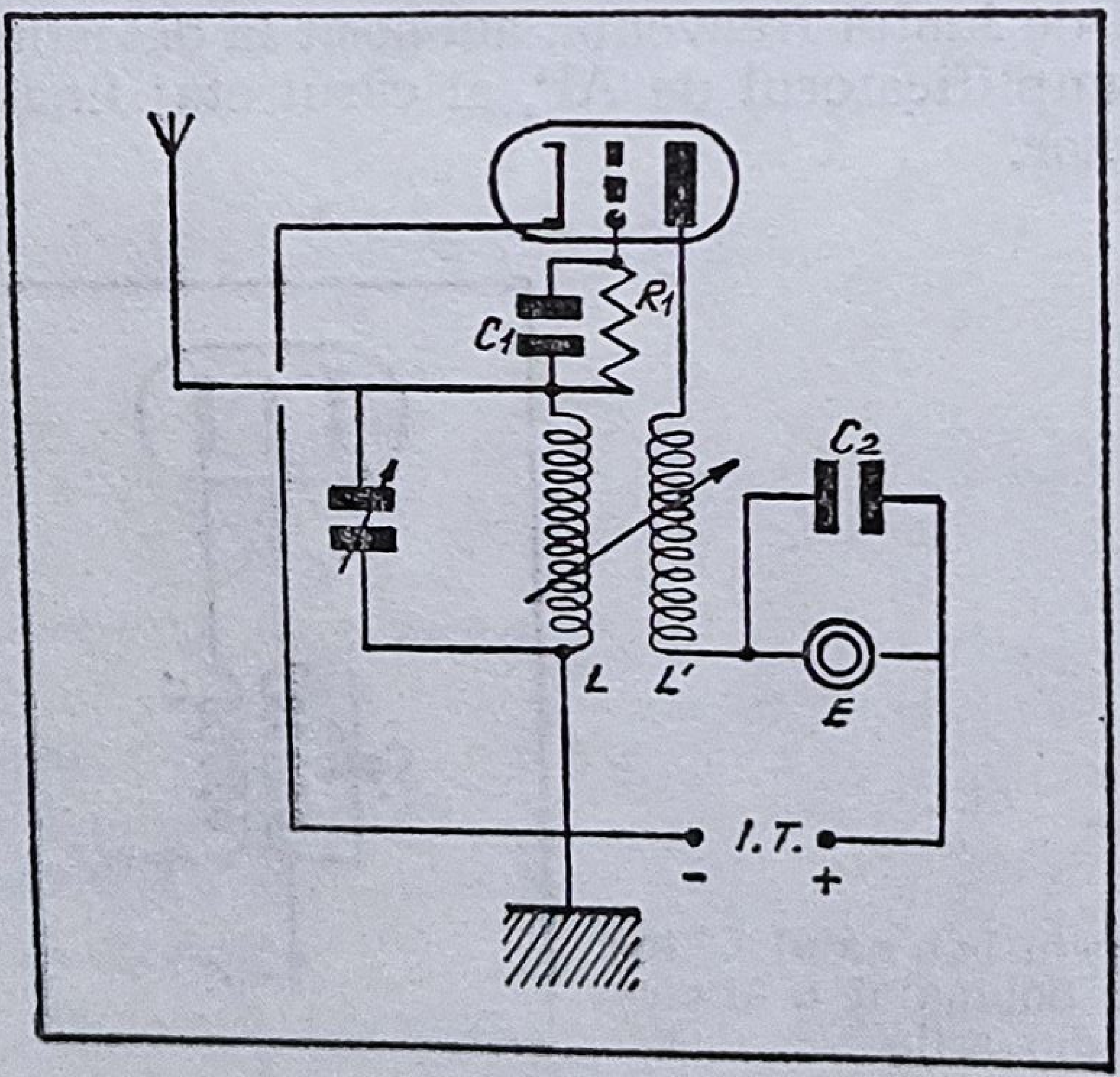
Variaţiile de curent din bobina L' au aceeaşi formă cu cele din L, dar sînt amplificate. Ele vor induce în L un curent variabil. Acest curent va fi în fază sau în opoziţie de fază cu cel din circuitul de grilă ?

Totul depinde de sensul bobinajelor. Ele pot fi deci dispuse astfel încît curentul indus de L' în L să fie în fază cu curentul iniţial. În consecinţă tensiunea variabilă de pe grilă se va mări, ceea ce va antrena creşterea curentului anodic ; L' va induce în L un curent şi mai mare ş.a.m.d.

Această retroacţiune a anodului asupra grilei se numeşte *reacţie*. Îţi dai seama desigur că amploarea reacţiei depinde într-o măsură foarte mare de cuplajul dintre bobine. Reacţia este cu atît mai puternică, cu cît cuplajul este mai strîns. Amplificarea triodei noastre poate fi mărită în acest fel foarte mult.

RECEPTORUL CU REACŢIE

Fenomenul pe care ţi l-am descris era folosit cîndva într-un tip de radioreceptor, foarte răspîndit la timpul său, care purta numele de *„receptor cu reacţie"*. Detecţia de grilă era asigurată



Radioreceptor cu reacţie.

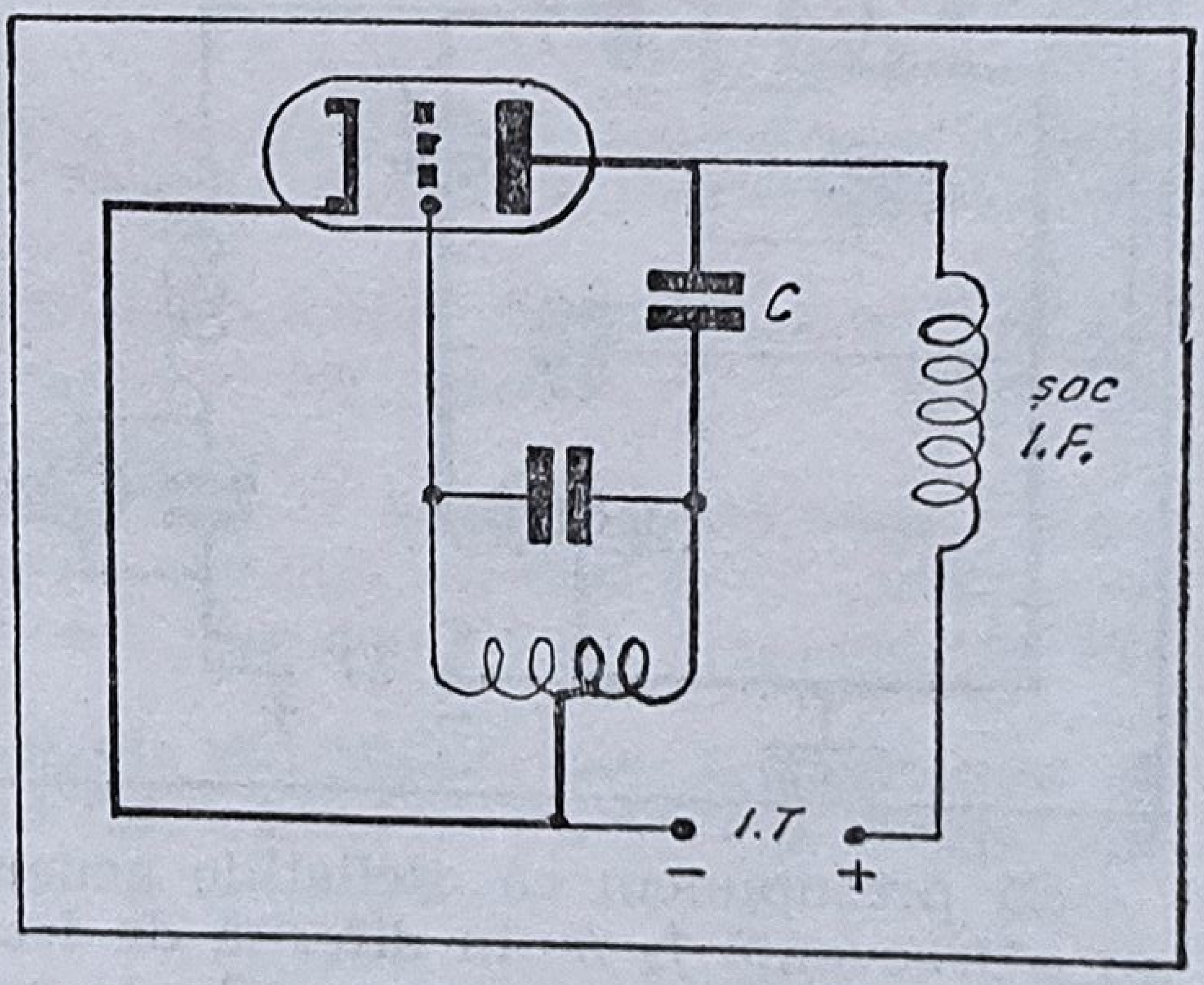
de circuitul R_1C_1. În circuitul anodic era montată în serie cu difuzorul o bobină L' cuplată reglabil cu bobina L a circuitului acordat din grilă. În acest scop bobina de reacție era fixată pe un suport mobil care îi permitea să se apropie mai mult sau mai puțin de bobina fixă L.

Reacția putea fi mărită pînă cînd se obținea amplificarea maximă și implicit o sensibilitate foarte bună. Radioamatorii reușeau astfel să capteze emisiuni foarte îndepărtate.

OSCILATOARELE

Spunînd că reacția se mărea pînă cînd se ajungea la amplificarea maximă ,ar fi trebuit să precizez că nu trebuie întrecută o anumită limită, care odată depășită, duce la generarea de oscilații. Și iată-ne ajunși la acest fenomen fundamental care este producerea oscilațiilor cu ajutorul tuburilor electronice.

Oscilațiile se obțin prin trimiterea în circuitul de grilă a unei părți din energia care apare în circuitul anodic. Tubul amplifică variațiile de tensiune din grilă, iar curentul amplificat determină mărirea acestor variații.



În oscilatorul Hartley, componenta variabilă a curentului anodic străbate circuitul trasat cu linie îngroșată.

În afară de soluția cuplajului între o bobină din circuitul anodic și bobina din grilă, pentru a obține reacția se mai poate recurge la o schemă ingenioasă numită montajul Hartley, în care curentul anodic este bifurcat : componenta variabilă este trimisă, prin condensatorul C, spre circuitul acordat, iar componenta continuă ajunge prin *bobina de șoc* la polul pozitiv al

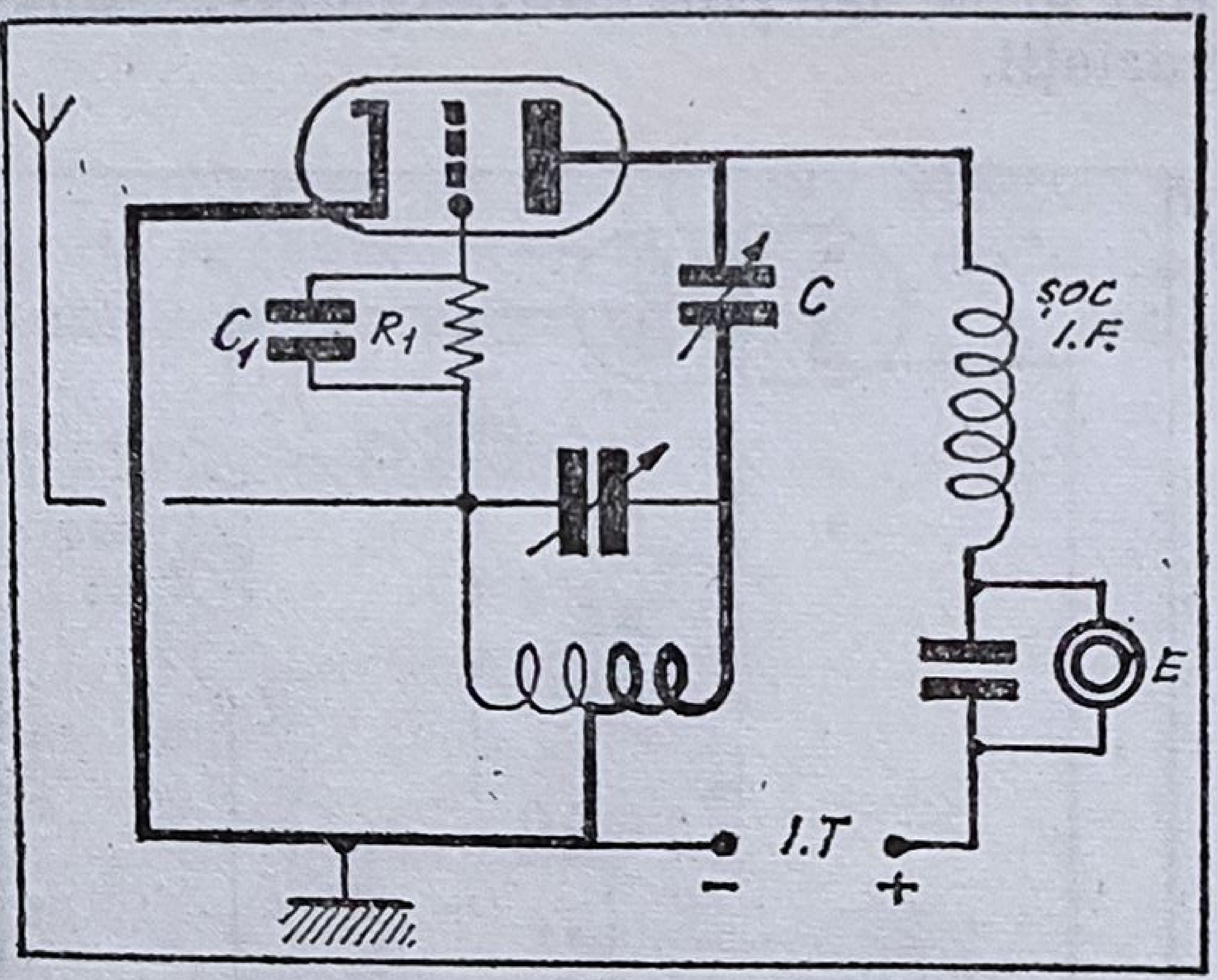
sursei de înaltă tensiune. Inducția bobinei de șoc împiedică trecerea curentului de IF.

Componenta variabilă a curentului anodic străbate o parte din bobina circuitului acordat, pînă cînd ajunge la priza de pe bobină prin care se întoarce la catodul tubului. Tensiunea care apare în bobină este suficientă pentru a da naștere oscilațiilor.

Pentru ca schema să fie mai clară, am desenat îngroșat traseul curentului de reacție.

FENOMENUL DE INTERFERENȚĂ

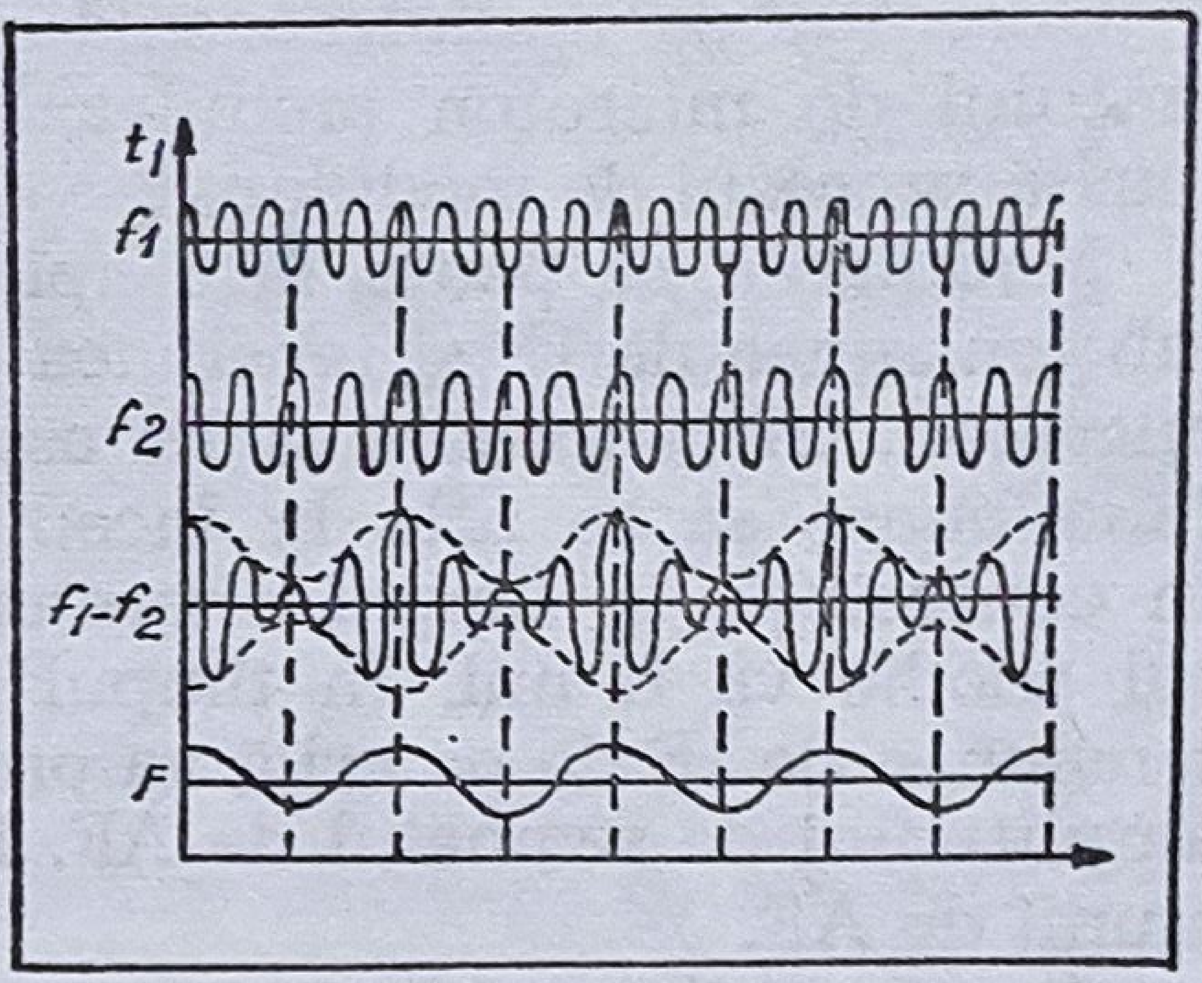
În receptoarele cu reacție se folosea adesea montajul Hartley. În circuitul de grilă se introduce în acest scop rezistența R_1 în derivație cu condensatorul C_1. Condensatorul variabil C, prin care trece curentul de reacție spre circuitul acordat, permite să se efectueze cu precizie reglajul reacției pentru a nu se depăși pragul de apariție a oscilațiilor proprii, care se traduc prin fluierături în difuzor. Fluierăturile se datorează fenomenului numit interferență despre care vom vorbi acum.



Receptor cu reacție realizat cu ajutorul schemei Hartley.

Să presupunem că oscilațiile generate cu ajutorul reacției au o frecvență f_2 puțin diferită de frecvența f_1 indusă în antenă de undele recepționate. Ce va rezulta din suprapunerea celor două frecvențe : cea a undelor radio și cea generată prin reacție ?

Ți-am desenat curbele care corespund celor două frecvențe f_1 și f_2. După cum vezi, la început alternanțele celor două curbe coincid și amplitudinea curentului rezultat este egală cu suma celor două amplitudini. Datorită diferenței dintre frecvențe,



Cele două oscilații f_1 și f_2 vor da naștere unei oscilații rezultante $f_1 - f_2$ care este transformată, după detecție, într-o oscilație F, a cărei frecvență este egală cu diferența dintre frecvențele componentelor ei.

oscilațiile se decalează treptat și, la un moment dat, alternanțele lor se află în opoziție, și deci se scad una din cealaltă. Apoi, diferența se reduce ș.a.m.d.

Vei observa, prin urmare, că amplitudinea curentului rezultat variază periodic și dacă vei calcula numărul de perioade al celor două componente și numărul de perioade al curentului rezultat, vei ajunge la următoarea concluzie fundamentală : din suprapunerea celor două oscilații ale căror frecvențe sînt f_1 și f_2 ia naștere un curent cu frecvența $f_1—f_2$.

Pe desenul meu, în timpul a 20 de perioade de frecvență f_1, curentul cu frecvența f_2 are numai 16 perioade, iar curentul rezultat a cărui frecvență este $f_1—f_2$ are numai 4 perioade.

Trecînd curentul rezultat printr-o diodă sau prin alt dispozitiv de redresare, îl vom detecta și vom obține un curent de joasă frecvență $F = f_1 - f_2$.

După cum vezi, *suprapunerea a doi curenți alternativi dă naștere unui curent a cărui frecvență este egală cu diferența dintre frecvențele celor doi curenți.*

Dacă este vorba de curenți de IF și dacă frecvențele lor nu diferă mult, prin suprapunere rezultă un curent de joasă frecvență. În acest caz fenomenul este cunoscut sub numele de *interferență* sau de *bătăi*.

Este posibil ca frecvențele curenților care se suprapun să fie foarte diferite. În acest fel se produce o emisie a semnalului rezultat.

MODULAȚIA ȘI EMISIA

Oscilațiile de IF sînt generate cu ajutorul reacției, folosind unul din procedeele pe care ți le-am expus, și sînt amplificate prin metodele pe care le cunoști.

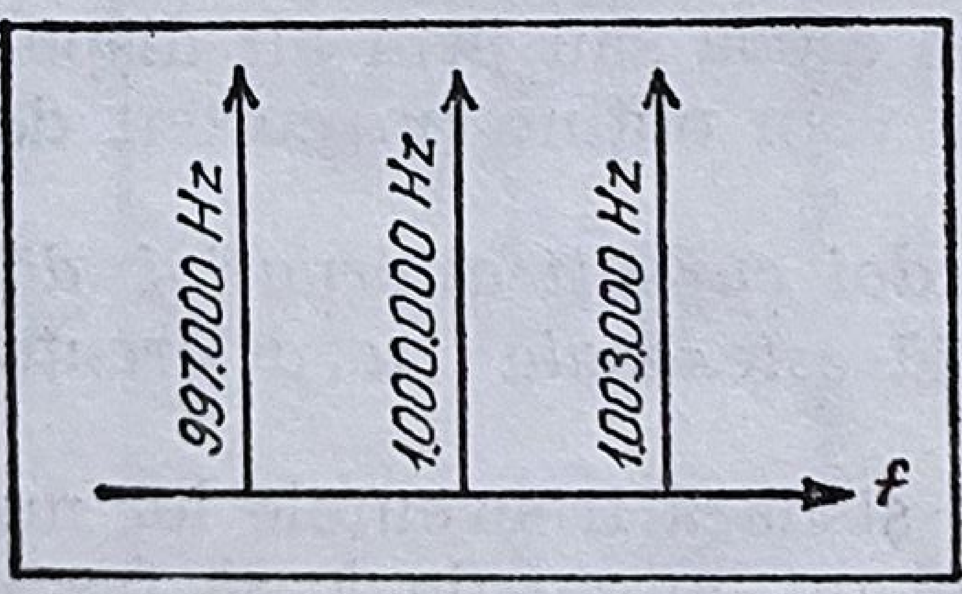
Curentul de audiofrecvenţă rezultat prin amplificarea curentului de microfon modulează apoi oscilaţiile de IF. În ce constă procesul de modulare ?

Modularea se poate face aplicînd simultan pe grila unui tub tensiunea de IF şi tensiunea de AF produsă de curentul de microfon. Grila trebuie să fie astfel polarizată încît punctul de funcţionare să se afle la începutul curbei sale caracteristice. În consecinţă, în timpul alternanţelor negative ale AF, curentul anodic va fi nul. În timpul alternanţelor pozitive ale AF, tensiunea de IF de pe grilă va produce un curent anodic a cărui amplitudini de semnalul de AF. Nu vreau să te obosesc cu calsiunii de AF.

Se va obţine, prin urmare, un curent de IF, modulat în amplitudine de semnalul de AF. Nu vreau să te obosesc cu calculele trigonometrice pe care le presupun curbele sinusoidale de IF şi de AF. Trebuie să reţii doar că atunci cînd curentul de IF de frecvenţă f este modulat în amplitudine de un curent de audiofrecvenţă F, rezultă curenţi care au următoarele două frecvenţe :

$f - F$ şi $f + F$

De exemplu, dacă un curent de IF de 1 000 000 Hz este modulat de un curent de AF de 3 000 Hz, se obţine un curent modulat de 997 000 Hz şi unul de 1 003 000 Hz.

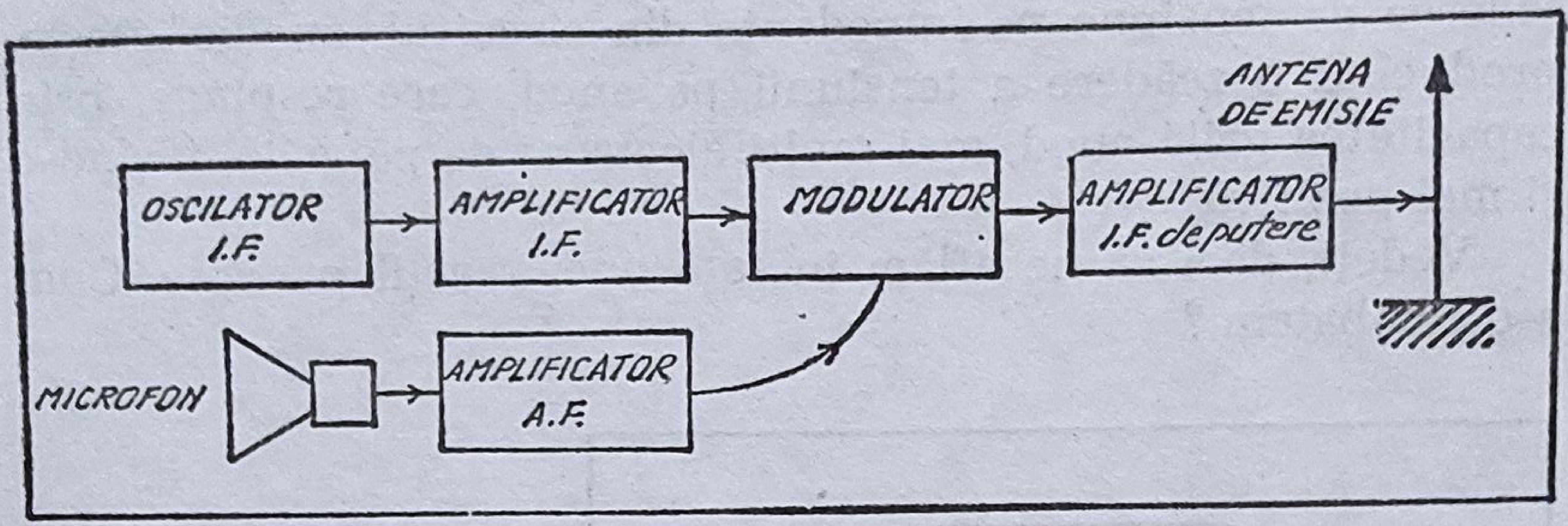


Unda purtătoare de 1 000 000 Hz este modulată de un semnal de AF de 3000 Hz.

În radiofonie banda de trecere a frecvenţelor audio este limitată la 4500 Hz. În acest fel, fiecare din *benzile laterale* de modulaţie, situate de o parte şi de alta a frecvenţei purtătoare, este de 4500 Hz. Prin urmare, un emiţător va ocupa o bandă de frecvenţe de 9000 Hz sau 9 kHz.

Din această cauză, în distribuţia internaţională a frecvenţelor purtătoare se prevăd intervale de 9 kHz, alocate pentru a evita recepţia simultană a două emiţătoare, care ar duce la fluierături de interferenţă.

Pentru a încheia descrierea emiţătoarelor, voi adăuga că, după ce este modulat, curentul de IF trebuie să fie amplificat



Structura unui emițător radio cu modulație de frecvență

în putere, înainte de a fi injectat în antena de emisie pentru a genera unde radioelectrice.

DEZAVANTAJELE REACȚIEI

Să revenim acum la fenomenul reacției. În măsura în care îl putem controla, totul este în ordine. Reacția ne ajută să mărim amplificarea sau să obținem oscilații, după cum dorim.

Din păcate, pot apare însă și reacții spontane cu efecte neplăcute. O bobină parcursă de curentul anodic poate induce — fără ca acest fenomen să fie dorit — o tensiune într-o bobină din circuitul de grilă, dînd naștere unor oscilații, pe care le numim *oscilații parazite*.

Oscilațiile parazite pot lua naștere și datorită unei capacități între componentele din circuitul de ieșire și cele din circuitul de intrare.

Pentru a întrerupe astfel de legături, care se stabilesc prin intermediul unor cîmpuri electrice sau magnetice, recurgem la *ecranare*. Ecranele sînt plăci sau cutii metalice care constituie obstacole în calea liniilor de forță. Cîmpurile magnetice ale bobinelor și ale transformatoarelor de joasă frecvență sînt închise în cutii de fier. Pentru înalta frecvență se folosesc ecrane de cupru.

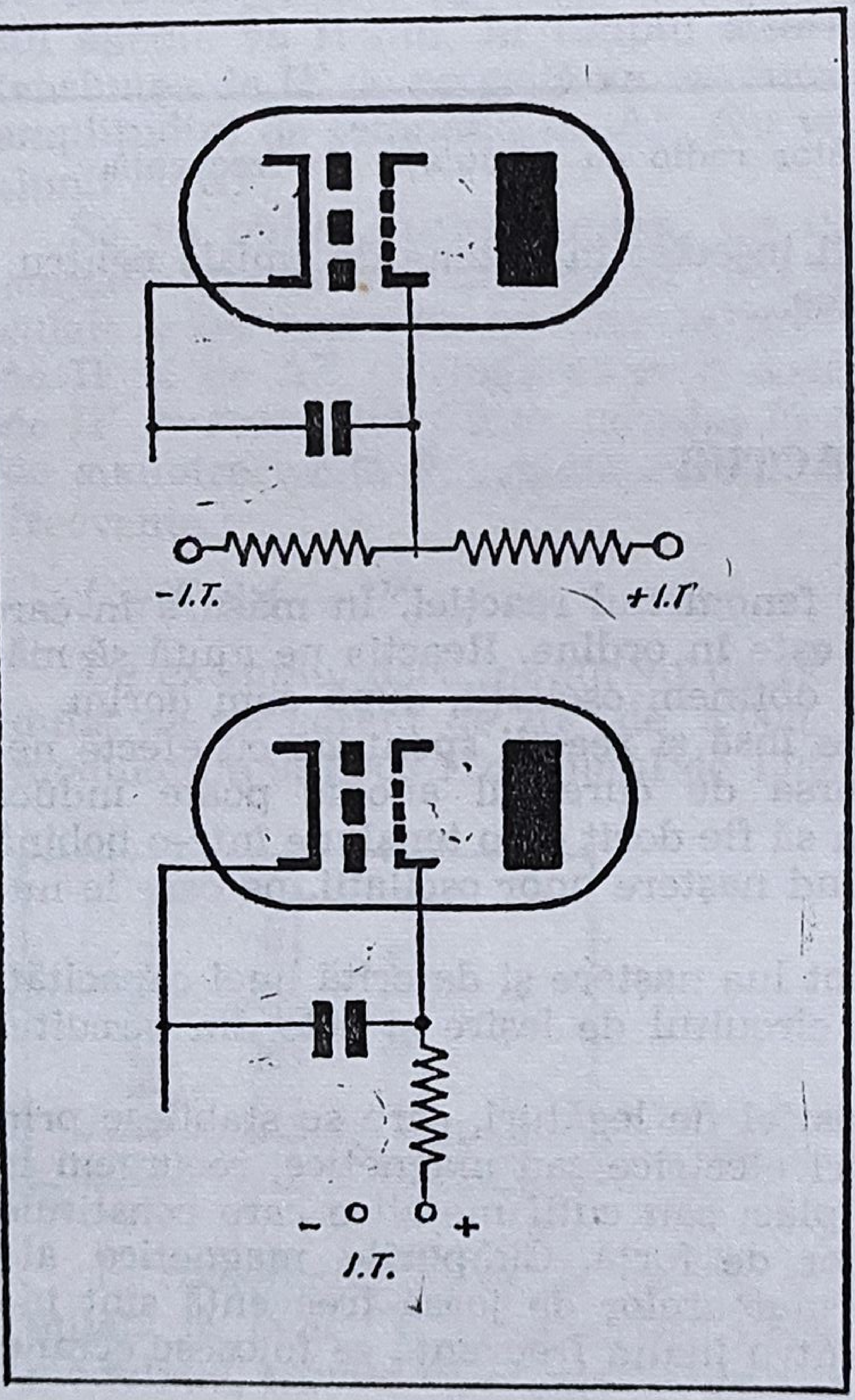
TETRODA

Există o capacitate care poate produce o reacție deosebit de periculoasă : este capacitatea dintre grila și anodul triodei.

Gîndește-te că alternanța pozitivă a tensiunii de pe grilă determină o creștere a curentului anodic. Din această cauză

căderea de tensiune pe impedanța din circuitul anodic crește, producînd o scădere a tensiunii pe anod, care respinge, prin capacitatea grilă-anod, mai mulți electroni de pe grilă, făcînd-o și mai pozitivă.

Vedeți, deci că ne aflăm în fața unei reacții parazite. Cum s-o combatem ?



Pentru a aplica pe grila-ecran a tetrodei o tensiune pozitivă, se utilizează un divizor de tensiune format din două rezistențe sau se conectează grila-ecran la polul pozitiv al înaltei tensiuni, printr-o rezistență

Și în acest caz, soluția constă în folosirea unui ecran. Nu Ignotus, să nu crezi că glumesc. Ecranul în chestiune este o grilă pusă la un potențial fix, așezată între grila de comandă și anod. Se realizează astfel un tub cu patru electrozi care conține, în afară de catod și anod, această *grilă-ecran*. Tubul se numește tetrodă de la „tetra“ care înseamnă patru în limba greacă.

Pentru ca grila-ecran să nu îngreuneze circulația electronilor ci — dimpotrivă — să o ușureze, i se aplică o tensiune pozitivă înaltă, dar mai mică decît tensiunea anodică.

În acest scop se conectează grila-ecran la punctul comun a două rezistențe legate în serie între cei doi poli ai sursei de înaltă tensiune. Ele formează un *divizor de tensiune*.

Grila-ecran mai poate fi conectată la polul pozitiv al înaltei tensiuni printr-o rezistență. Fiind pozitivă, grila-ecran atrage electronii și curentul care ia naștere produce o cădere de tensiune pe rezistență, stabilind potențialul grilei ecran la valoarea necesară.

Anodul nu exercită decît o influență neglijabilă asupra intensității curentului de ecran, astfel că variațiile acestui curent sînt determinate exclusiv de variațiile tensiunii variabile de pe grila de comandă.

Sper că n-ai uitat definiția factorului de amplificare, care este raportul dintre variația potențialului grilei și variația potențialului pe anod care produce aceeași modificare a curentului anodic. Îți dai deci seama că, la tetrodă, factorul de amplificare este mult mai mare decît la triodă, putînd atinge și chiar depăși valoarea 1000.

În ceea ce privește panta, ea are același ordin de mărime ca la triodă, pentru că acțiunea potențialului grilei de comandă nu este influențată de prezența grilei-ecran.

Cred că-ți amintești că valoarea factorului de amplificare μ rezultă din produsul dintre panta S și rezistența internă R_i.

$$\mu = S \times R$$

Deoarece μ este mult mai mare la tetrodă decît la triodă, iar S are aproximativ aceeași valoare în ambele cazuri, trebuie să presupunem că R_i este mult mai mare. Realitatea este că rezistența internă a unei tetrode este foarte mare și că poate atinge 1 megohm.

EMISIA SECUNDARĂ. PENTODA

Am vorbit pînă acum numai de avantajele tetrodei. Dar calitățile ei sînt umbrite de un mare defect : *emisia secundară*.

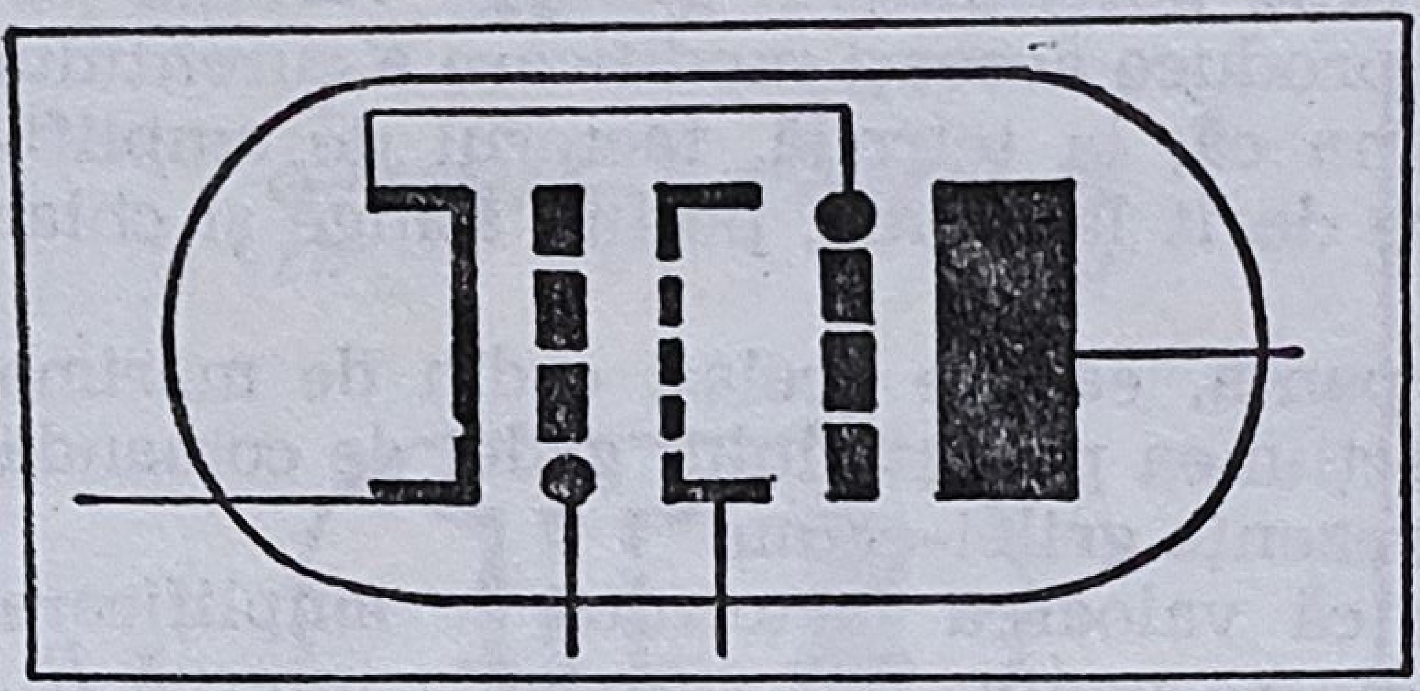
Despre ce este vorba ? Atunci cînd electronii emiși de catod lovesc anodul, șocul provoacă smulgerea unui număr de electroni, care părăsesc moleculele situate la suprafața anodului. Acest fenomen nu constituie un inconvenient în cazul triodei, căci electronii eliberați prin emisie secundară sînt atrași de potențialul pozitiv al anodului.

La tetrodă, lucrurile se complică. Datorită căderii de tensiune pe impedanța străbătută de curentul anodic, tensiunea pe anod scade uneori sub valoarea tensiunii continue de pe grila ecran. În aceste momente, electronii smulși prin emisie secundară sînt atrași de grila-ecran mai mult decît de anod și, fiind absorbiți de grila-ecran, îi măresc curentul.

Prin urmare, emisia secundară produce o circulație de electroni de la anod la grila-ecran, cu sens opus curentului anodic.

Cum se poate înlătura acest grav defect al tetrodei ? Pur și simplu, intercalînd o a treia grilă între ecran și anod. Această a treia grilă este conectată, în interiorul tubului, la catod.

Potențialul ei scăzut barează trecerea electronilor relativ lenți, eliberați prin emisie secundară, și îi silește să revină pe anod. În același timp, grila a treia este străbătută cu ușurință de electronii veniți dinspre catod, care, fiind accelerați de grila-ecran și atrași cu putere de anod, au o viteză mare.



Simbolul pentodei.

Acest tub cu trei grile conține deci cinci electrozi. El se numește *pentodă* de la „penta“ care înseamnă cinci în limba greacă.

TUBURI MULTIPLE. HEPTODA. OCTODA

Te întrebi probabil, pînă unde merge creșterea numărului de electrozi în tuburi. Triodele, tetrodele și pentodele constituie tipurile fundamentale de tuburi electronice.

Există și tuburi care conțin combinații ale acestor ansambluri elementare. Există, pe de o parte, tuburi multiple în care ansamblurile incluse în același balon de sticlă au, în general, catodul comun. Acesta este, de exemplu, cazul duodiodei utilizate pentru redresarea curentului alternativ.

Există și tuburi în care ansamblurile elementare sînt dispuse în prelungire. Pe acest principiu s-au realizat tuburi cu 7 și 8 electrozi numite *heptode* și *octode*.

Despre ele vom vorbi altădată.

Convorbirea a 8-a

Superheterodina

Practic, totalitatea receptoarelor moderne de radio și de televiziune sînt superheterodine. În această convorbire se expun principiile schimbării de frecvență, diversele metode folosite în acest scop, tuburile electronice utilizate și sistemul de acord unic.

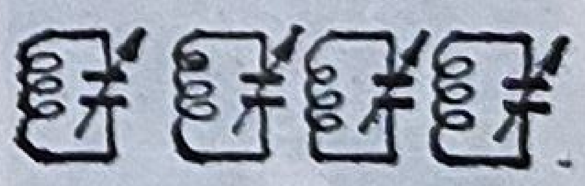
INCONVENIENTELE AMPLIFICĂRII ÎNALTEI FRECVENȚE

IGNOTUS : Trebuie să-ți mărturisesc, dragă Curiosus, că ultima expunere a unchiului tău mi-a lăsat o impresie profundă. Reacția care poate fi, după caz, utilă sau dăunătoare, suprapunerea oscilațiilor de diferite frecvențe, tuburile cu număr mare de electrozi, toate mi se învîrtesc și acum în cap.

CURIOSUS : Ceea ce ai aflat te va ajuta să înțelegi mai bine de ce s-a ajuns la *superheterodină* și cum funcționează ea.

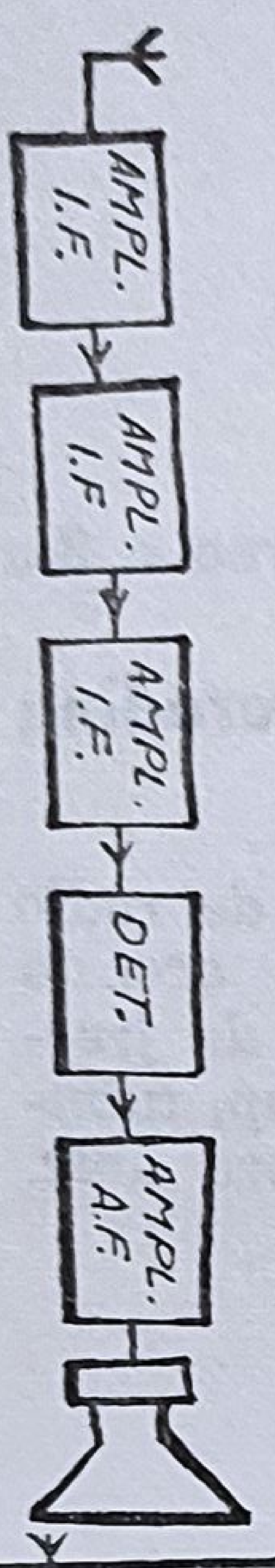
IGNOTUS : La ce se referă acest „supernume“ ?

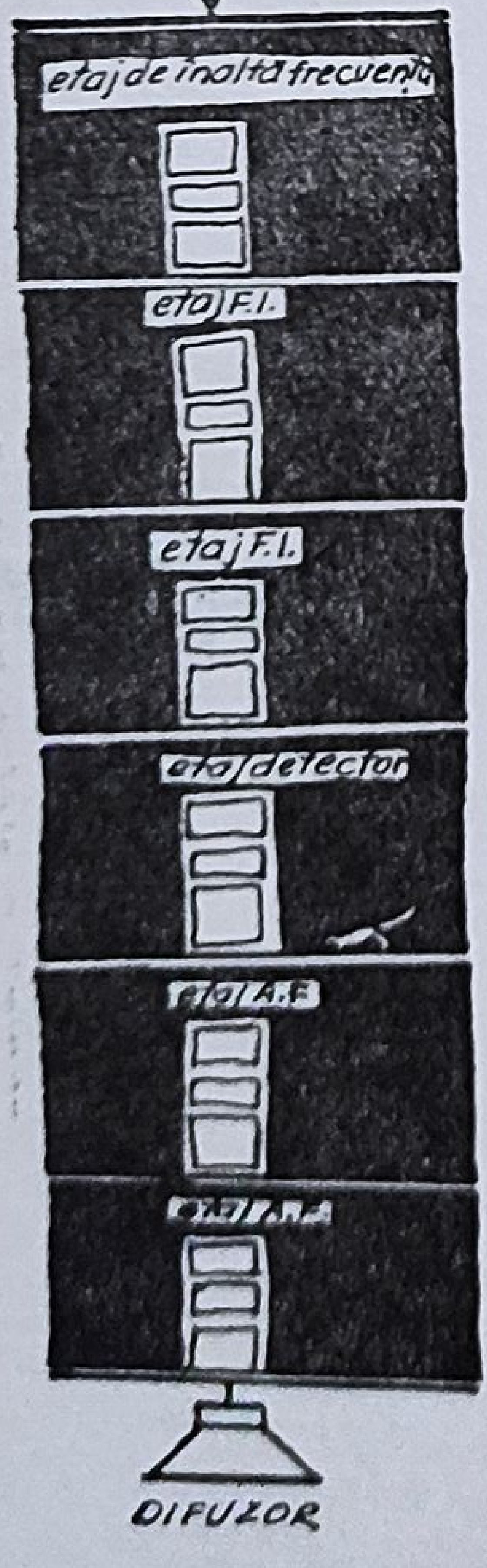
CURIOSUS : La un receptor de o concepție foarte rațională, inventat în 1917 de specialistul francez Lucien Levy. Aparatul se caracterizează printr-o sensibilitate și o selectivitate ridicate și este ușor de acordat.



IGNOTUS : Mi se pare că o sensibilitate ridicată și o selectivitate bună se pot obține montînd, pur și simplu, un număr suficient de etaje amplificatoare de IF.

CURIOSUS : Teoretic, ai dreptate, dar în practică, nu. Căci atunci cînd se folosesc mai multe etaje de IF, trebuie să întrebuințăm ecrane, pentode și alte mijloace pentru evitarea cuplajelor nedorite care ating, în general, valori destul de mari și pot produce oscilații parazite, deci oscilații care să interfereze cu curenții de IF ai emisiunilor recepționate.





Cuplajele parazite sînt cu atît mai periculoase, cu cît este mai înaltă frecvenţa de lucru. Din această cauză, este practic imposibil să se asigure o amplificare eficientă de înaltă frecvenţă, pentru undele scurte şi mai ales pentru undele ultrascurte.

În plus, etajul de IF trebuie să conţină cel puţin un circuit acordat pe frecvenţa emisiunii recepţionate. Îţi dai seama cît este de complicat să faci, de fiecare dată acordul unui mare număr de circuite.

PRINCIPIUL SUPERHETERODINEI

IGNOTUS : Cunosc deci dificultăţile utilizării mai multor etaje amplificatoare de IF. Care ar fi soluţia ?

CURIOSUS : *Schimbarea de frecvenţă.* Frecvenţele recepţionate sînt coborîte pînă la o valoare constantă numită *frecvenţă intermediară* (mai demult se folosea termenul medie frecvenţă), care este suficient de joasă pentru ca să nu prezinte inconvenientele de care vorbeam. În acelaşi timp, circuitele acordate pe această frecvenţă intermediară (prescurtat FI) asigură o selectivitate excelentă, fără să impună manevre complicate de acord pentru că, după schimbarea de frecvenţă, toate emisiunile recepţionate au aceeaşi FI. Deci circuitele acordate pe FI sînt reglate din fabrică pe această frecvenţă care este în general de 455 kHz, o valoare adoptată de multă vreme.

IGNOTUS : Încep să-mi dau seama de avantajele unei astfel de scheme. Aş vrea să ştiu însă, cum se face schimbarea de frecvenţă. Nu cumva, suprapunînd semnalul de IF recepţionat, cu o oscilaţie care diferă de el exact cu FI ? Din interferenţa acestor două frecvenţe ar rezulta diferenţa lor, deci chiar valoarea FI.

SCHIMBAREA DE FRECVENŢĂ

CURIOSUS : Constat, dragă Ignotus, că dacă superheterodina n-ar fi fost inventată din 1917, ai fi inventat-o tu acum... Într-adevăr, pentru a realiza schimbarea de frecvenţă, se suprapun IF recepţionată şi oscilaţiile generate în receptor. Frecvenţa acestora este mai mare sau mai mică decît frecvenţa recepţionată, dar diferenţa dintre ele este FI.

Să presupunem că amplificatorul FI este acordat pe 455 kHz şi că vrem să recepţionăm lungimea de undă de 25 de metri. Care este, după părerea ta, frecvenţa *oscilatorului local* ?



IGNOTUS : 25 de metri ar corespunde unei frecvențe egale cu 30 000 000 : 25 = 12 000 000 Hz = 12 000 kHz. Amplificatorul FI fiind acordat pe 455 kHz, oscilatorul local trebuie să producă fie 12 000+445 = 12 455 kHz fie 12 000 — 455 = = 11545 kHz.

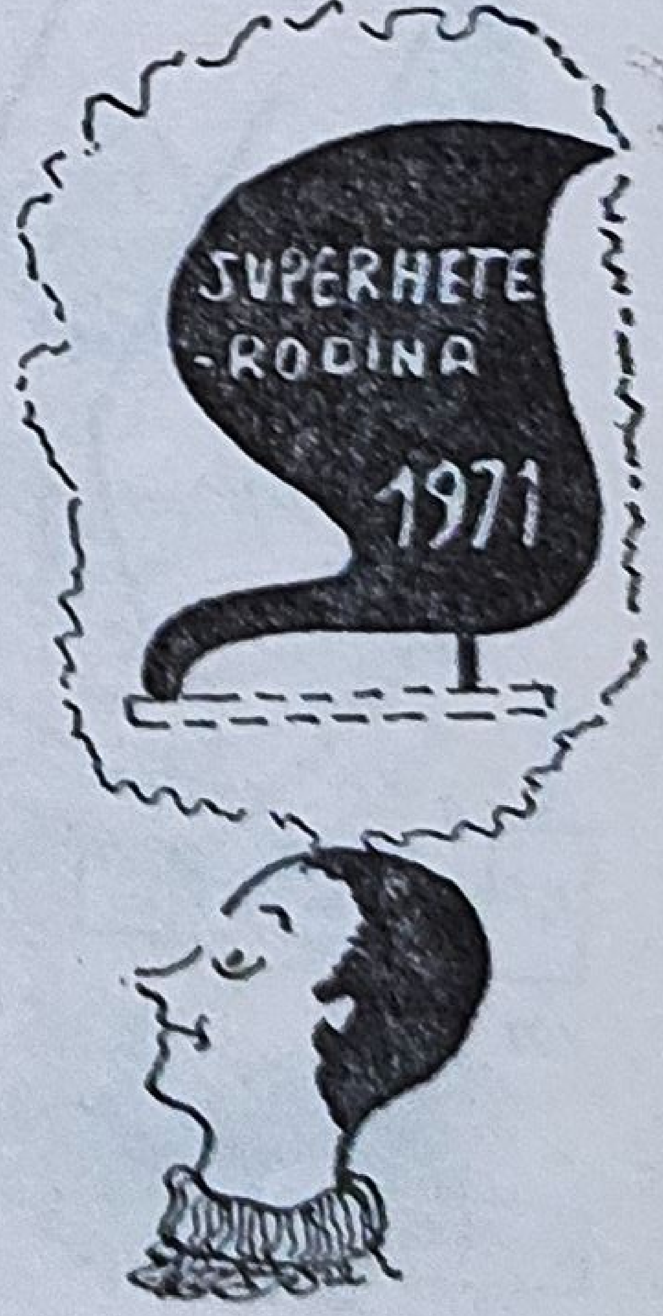
În ambele cazuri se obține, prin suprapunere, o frecvență de 455 kHz.

CURIOSUS : Văd că te pricepi la aritmetică... Și pentru că ai sesizat atît de bine principiul superheterodinei, să trecem la examinarea modului în care se realizează în practică schimbarea de frecvență.

La început, se folosea pentru această schimbare un oscilator separat. Pe schema pe care am desenat-o, curentul anodic al tubului induce, cu ajutorul unei bobine, un curent în circuitul de intrare. Acesta este acordat pe IF a emisiunii pe care dorim s-o recepționăm.

Prin urmare, pe grila primei triode vor apare simultan cele două frecvențe : frecvența recepționată și cea produsă de oscilatorul local. Și cum tubul are grila polarizată negativ, el va lucra în regim de detecție și pe anod se va obține un curent de frecvență intermediară. Acest curent este trimis la tubul amplificator de FI printr-un transformator care are primarul și secundarul acordate pe frecvența intermediară. Pe vremea cînd se folosea această schemă, primul etaj FI era, în general, urmat de încă unul.

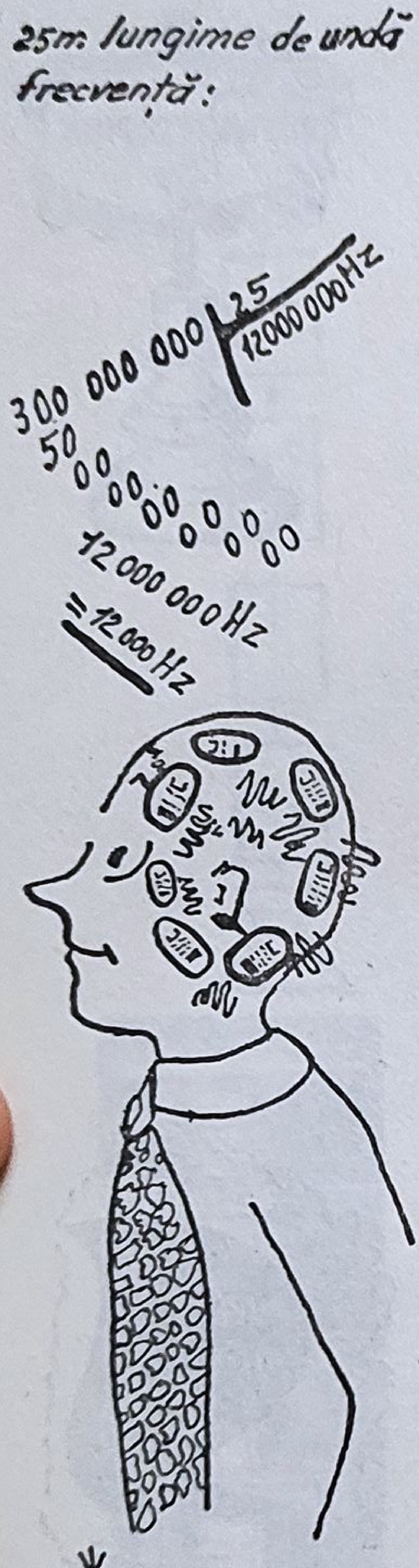
DE LA BIGRILĂ LA OCTODĂ

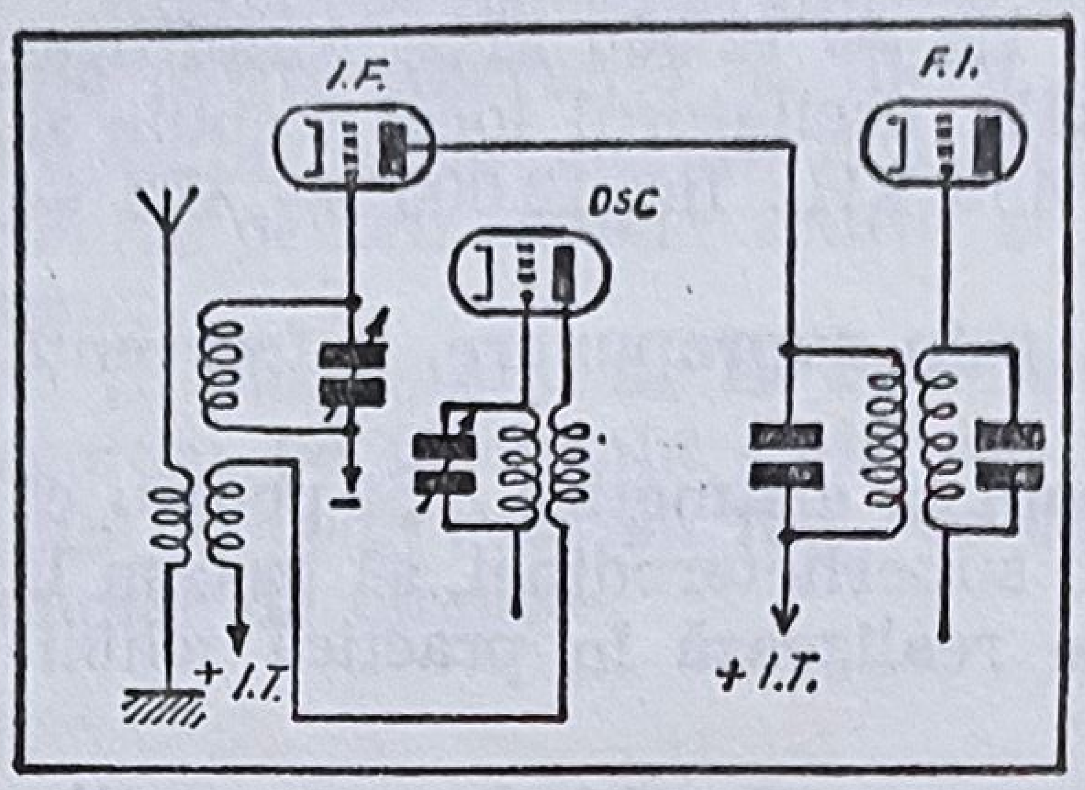


IGNOTUS : Trebuie să înțeleg din spusele tale că, mai tîrziu, generarea oscilației și amestecul celor două frecvențe s-au făcut în același tub ?

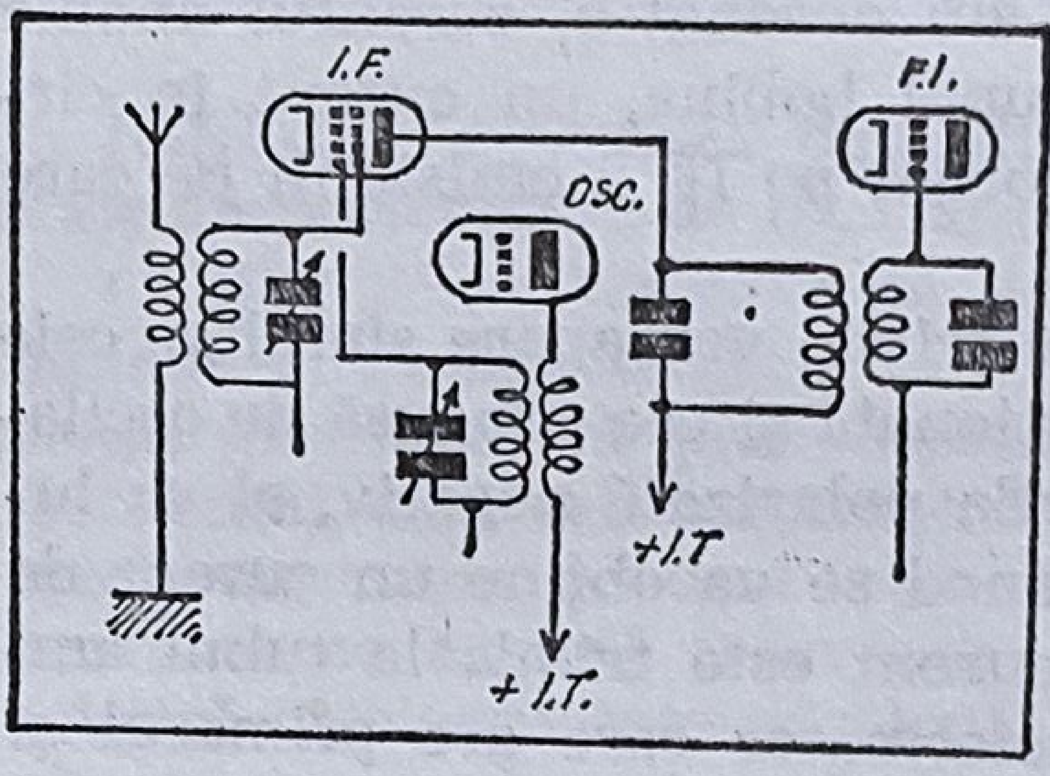
CURIOSUS : La acest rezultat s-a ajuns treptat. Într-o primă etapă s-a recurs la tubul cu două grile numit și „bigrilă", pe care nu trebuie să-l confunzi cu tetroda. Bigrila conține două grile de comandă. Pe prima grilă se aplică tensiunea produsă de oscilatorul local ; pe cea de a doua — tensiunea recepționată de antenă.

Bigrila este un tub amestecător destul de bun. Dar capacitatea dintre grile poate produce uneori un cuplaj parazit între circuitul de intrare și oscilator. Cuplajul poate determina oscilatorul să genereze pe frecvența de acord a circuitului de

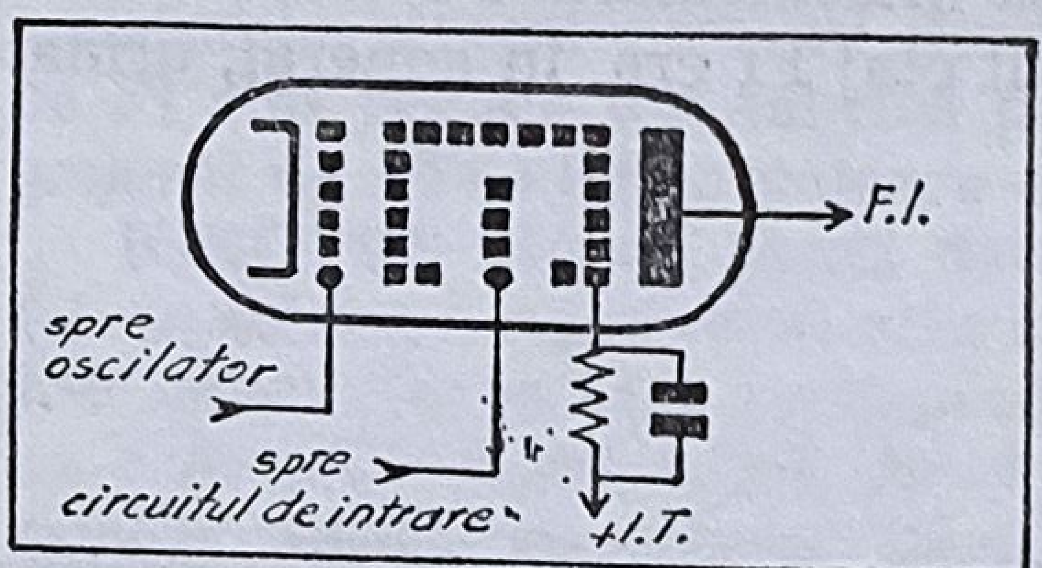




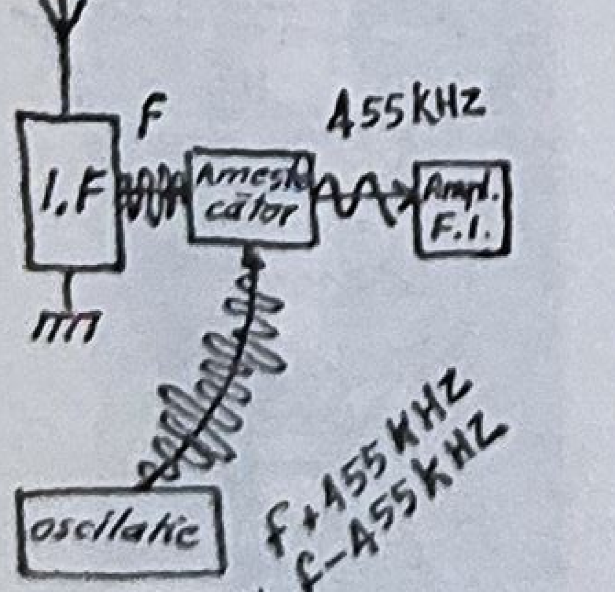
În schimbătorul de frecvență se suprapun semnalul IF captat de antenă și oscilațiile generate de tubul OSC. Semnalul de frecvență intermediară rezultat se aplică etajelor de FI.



Cu ajutorul tubului bigrilă se realizează o suprapunere eficientă a semnalului IF și a oscilației locale.



Pentru a înlătura capacitatea dintre cele două grile ale bigrilei, se folosește hexoda.

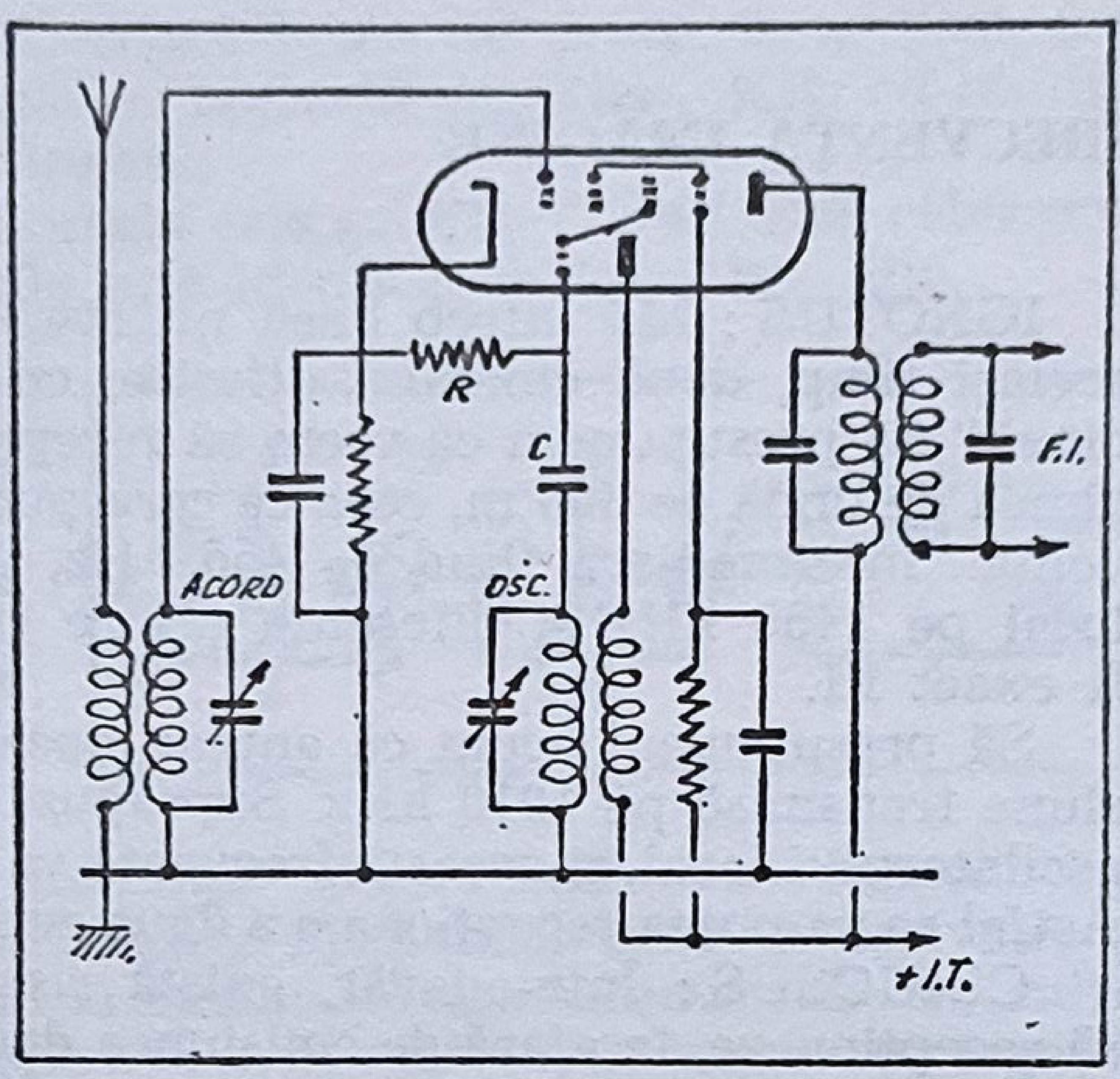


intrare. În acest fel funcționarea întregului ansamblu poate fi compromisă.

IGNOTUS : Cum se remediază acest defect ? Se recurge cumva la o grilă-ecran ?

CURIOSUS : Mai mult decît atît : cea de a doua grilă se înconjoară cu două grile ecran. Primul ecran asigură izolarea față de prima grilă, iar al doilea ecran, față de anod. Așa s-a născut *hexoda*, tubul cu șase electrozi. În limba greacă „hexa" înseamnă șase.

IGNOTUS : Pentru schimbarea de frecvență sînt necesare totuși două tuburi : hexoda amestecătoare și trioda — oscilator local.



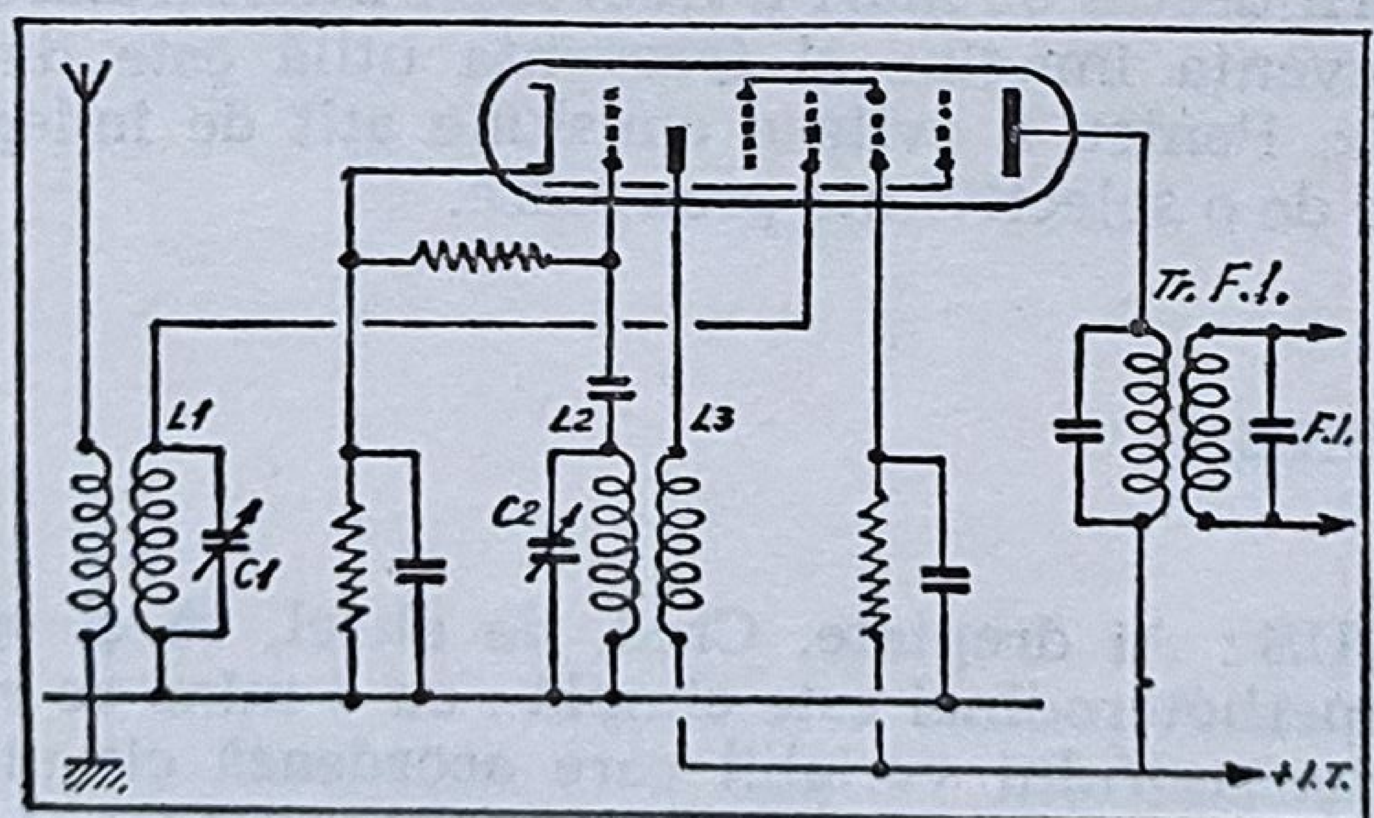


Schimbarea de frecvență cu ajutorul triodei-hexode.

CURIOSUS : Pînă la urmă, s-a construit un tub combinat triodă-hexodă cu catod comun și cu grila a treia a hexodei conectată direct, în interiorul tubului, la grila triodei oscilatoare.

IGNOTUS : Acest tub cu opt electrozi se numește octodă, nu ?

CURIOSUS : Nu. *Octoda* este o combinație a unei triode cu o pentodă a cărei grilă-ecran încadrează grila de comandă în ambele părți.



Schimbarea de frecvență cu ajutorul octodei.



Trioda are un anod de dimensiuni reduse, astfel încît fluxul de electroni nu este perturbat în drumul său către pentodă. Trioda servește drept oscilator, iar tensiunea captată de antenă se aplică pe grila pentodei.

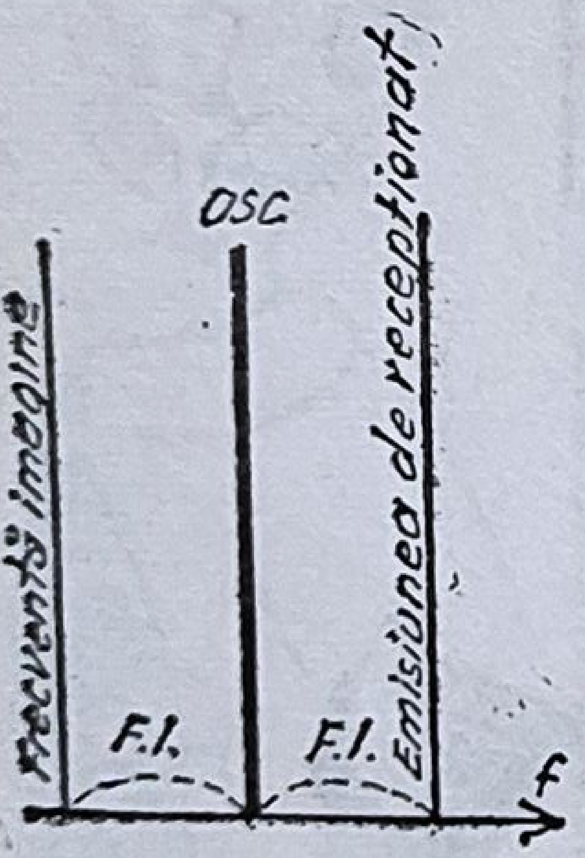
FRECVENȚA IMAGINE



IGNOTUS : Mă întreb dacă nu riscăm să recepționăm, în același timp, două emisiuni diferite, cu ajutorul superheterodinei ? Să presupunem că vrem să recepționăm o stație cu lungimea de undă de 300 m, ceea ce corespunde la 1000 kHz. Frecvența intermediară fiind de 455 kHz, vom acorda oscilatorul local pe 1455 kHz și diferența dintre cele două frecvențe va fi exact FI.

Să presupunem acum că antena noastră captează și o emisiune transmisă pe 1910 kHz. Suprapusă peste cei 1455 kHz ai oscilatorului local, și această frecvență va duce la FI = 455 kHz. Astfel se va putea recepționa o a doua emisiune.

CURIOSUS : Într-adevăr, există riscul ca superheterodina să recepționeze, în afară de emisiunea dorită, o a doua emisiune a cărei frecvență diferă de cea a oscilatorului local tot cu 455 kHz. Această a doua frecvență poartă numele de frecvență imagine, pentru că este simetrică cu prima față de frecvența oscilatorului local.



IGNOTUS : Cum se evită această deficiență ?

CURIOSUS : Mărind selectivitatea receptorului înainte de intrarea în schimbătorul de frecvență, de exemplu prin introducerea unui etaj acordat de IF.

Pericolul recepționării frecvenței imagine este minim, datorită valorii destul de mari a frecvenței intermediare. Distanța dintre frecvența imagine și frecvența utilă este de $455 \times 2 =$ $= 910$ kHz. Pentru a evita o emisiune atît de îndepărtată nu este nevoie de o selectivitate prea mare.

REGLAJ UNIC

IGNOTUS : Ai dreptate. Cred, de altfel, că și operația de acord a superheterodinei este simplă : cu o mînă se rotește butonul condensatorului variabil care acordează circuitul de intrare, iar cu a doua se reglează condensatorul de acord al oscilatorului local.

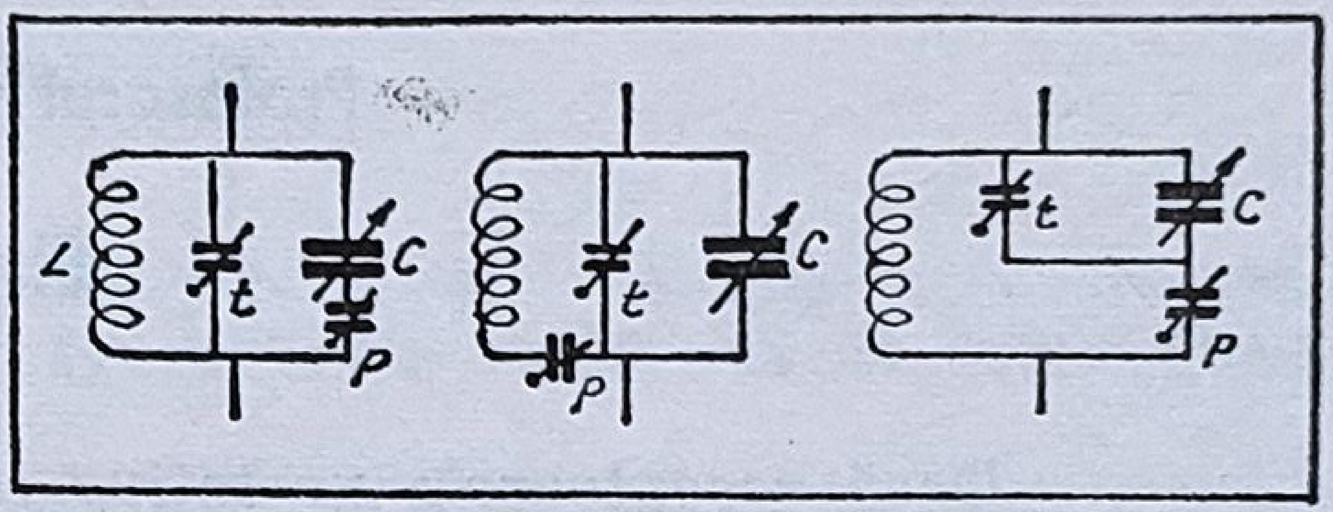
CURIOSUS : O singură mînă ajunge, pentru că cele două condensatoare au armăturile fixate pe același ax și sînt, în consecință, comandate cu un singur buton !

IGNOTUS : Nu cred că acest sistem va funcționa bine. Diferența dintre frecvențele celor două circuite trebuie să fie

permanent constantă. Acest lucru nu poate fi realizat dacă cele două condensatoare se reglează simultan, decît cu condiția să existe un decalaj între ele.

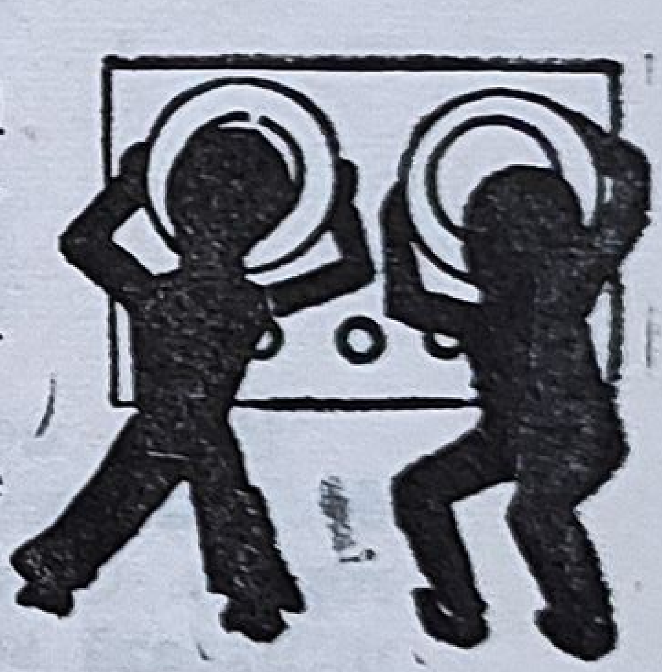
CURIOSUS : Nu aceasta este soluția. Capacitatea celor două condensatoare variabile este identică, în toate pozițiile.

Trei moduri de conectare a condensatoarelor ajutabile *t* și *p* în circuitul acordat al oscilatorului ; datorită lor reglajul celor două condensatoare variabile se poate face cu un singur buton.



Pentru a obține diferența dintre cele două capacități se utilizează două condensatoare ajustabile, unul în derivație pe condensatorul variabil al oscilatorului, cunoscut sub denumirea engleză *trimmer*, și altul de capacitate mult mai mare legat în serie cu condensatorul variabil *(padding)*.

Trimmer-ul mărește capacitatea ansamblului, iar padding-ul o reduce. Alegînd valori convenabile pentru cele două condensatoare, se obține o variație a capacității totale care să asigure, după schimbarea de frecvență, obținerea frecvenței FI.



IGNOTUS : Constat că realizarea unei superheterodine nu e deloc simplă. Dar, ținînd cont de rezultat, efortul merită să fie făcut.

Profesorul Radiol descrie diverse

Sisteme de alimentare

Dacă receptoarele portative cu tranzistoare sînt, în general, alimentate cu ajutorul bateriilor, celelalte aparate de radio și televiziune primesc curentul necesar din rețeaua de energie electrică. Cum se obține tensiunea de filament și tensiunea anodică? Veți afla din cele ce urmează. Profesorul Radiol explică diversele metode de redresare și de filtrare a curentului anodic, precum și structura condensatoarelor electrolitice.

Pînă acum, dragii mei Curiosus și Ignotus, n-ați discutat decît despre circuite cu tuburi electronice. Nu vă fac nici un reproș. Chiar dacă majoritatea radioreceptoarelor moderne utilizează semiconductoarele, există încă destule aparate „cu lămpi", cum se spunea pînă nu demult. Totodată, există circuite în care utilizarea tuburilor electronice este obligatorie și astăzi.

Data viitoare vă voi vorbi despre bazele fizice ale semiconductoarelor. Acum însă ne vom ocupa de un domeniu pe care nu l-ați tratat în discuțiile voastre: electroalimentarea.

CARACTERISTICILE REȚELEI

Toate aparatele electronice au nevoie de surse de alimentare. Radioreceptoarelor portative le sînt suficiente bateriile de 4,5 pînă la 9 volți. Receptoarele mai mari și televizoarele se alimentează, de obicei, din rețeaua de curent alternativ. Care sînt caracteristicile rețelei?

În Europa, frecvența rețelei este de 50 de perioade pe secundă, în Statele Unite frecvența este de 60 de perioade pe secundă.

În ceea ce privește tensiunea, se tinde către generalizarea valorii de 220 V. Există însă și tensiuni de 110, 127 și chiar 240 V. Din această cauză schemele de alimentare trebuie să fie, pe cît posibil, adaptate la mai multe situații de acest fel.

CURENTUL DE ALIMENTARE

Să vedem întîi care sînt curenții și tensiunile necesare pentru alimentarea unui receptor de radio sau de televiziune, echipat cu tuburi.

În primul rînd, trebuie asigurată alimentarea filamentelor. Din fericire, în acest domeniu s-a ajuns la o uniformizare pe scară mondială : practic, pentru toate filamentele obișnuite tensiunea este de 6,3 V.

Cum, de cele mai multe ori, încălzirea este indirectă, aplicarea pe filament a unei tensiuni alternative nu prezintă inconveniente.

Pentru polarizarea grilelor nu se întrebuințează surse de alimentare separate, ci se recurge la căderile de tensiune pe rezistențe. De altfel, voi ați discutat această chestiune atunci cînd v-ați ocupat de obținerea tensiunii necesare pentru grila-ecran.

Mai rămîne de rezolvat problema înaltei tensiuni, pentru circuitul anodic. Această tensiune — neapărat continuă — poate atinge, în funcție de tipul tubului, cîteva sute de volți. În ceea ce privește intensitatea curentului anodic, aceasta variază de la cîțiva miliamperi pînă la fracțiuni de amper, atunci cînd este vorba de tuburi de putere.

Cum se asigură aceste două surse de curent necesare pentru filamente și pentru tensiunea anodică ?

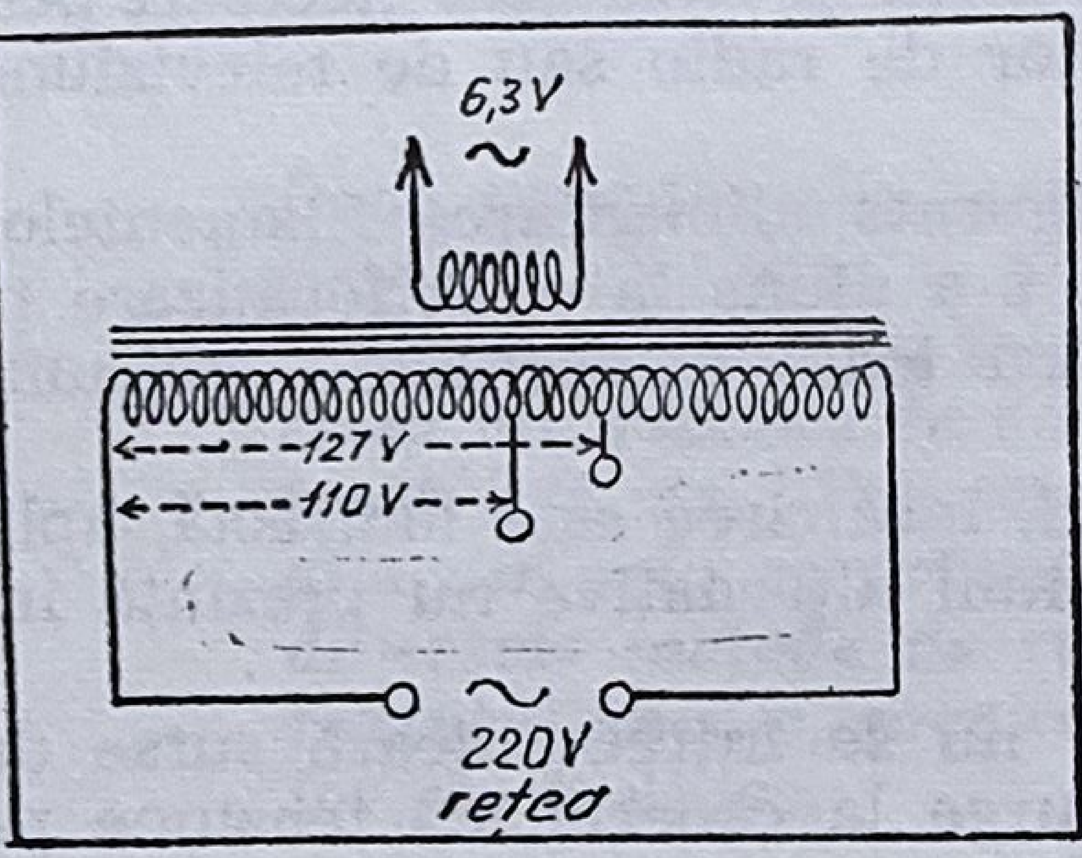
CUM SE OBȚIN TENSIUNILE ANODICE ȘI DE FILAMENT

Pentru a coborî tensiunea rețelei la 6,3 V, cît este necesar pentru filamentele tuburilor, se utilizează un transformator. Bineînțeles, transformatorul are un miez magnetic. În bobinajul primar al transformatorului se pot prevedea mai multe prize pentru diversele tensiuni ale rețelei.

După cum vezi, problema filamentelor se rezolvă destul de simplu. Mai puțin simplă este problema alimentării anodice,

căci aci nu e vorba numai de creşterea valorii tensiunii ci şi de obţinerea unei tensiuni continue.

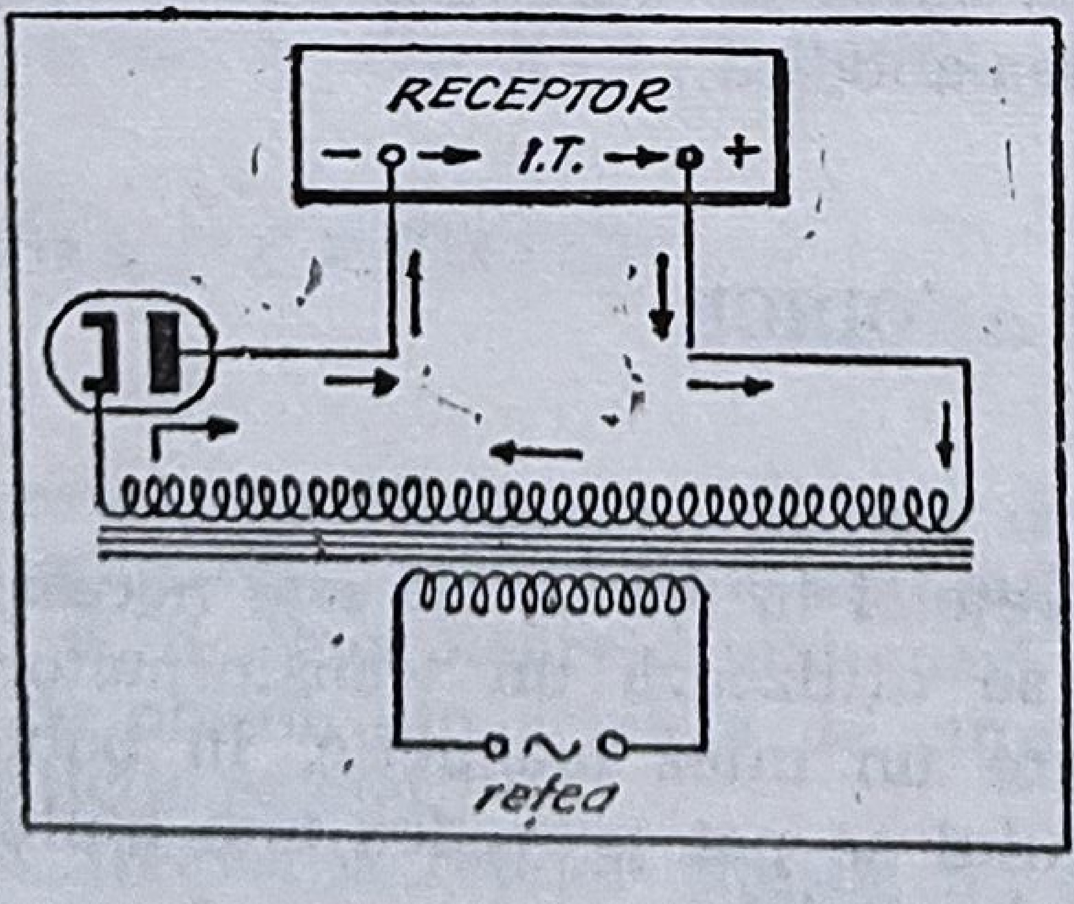
Pentru a obţine o tensiune înaltă se foloseşte — cum era de aşteptat — un transformator. Trebuie să-ţi atrag atenţia asupra faptului că se utilizează un singur transformator cu mai multe bobinaje secundare pentru toate tensiunile de alimentare. Un bobinaj furnizează 6,3 V pentru filamente ; altul ne pune la dispoziţie înalta tensiune al cărei curent urmează să fie convertit în curent continuu.



Transformator care furnizează tensiunea de 6, 3 V pentru filamente, alimentat la reţeaua de 220 sau 110 V.

Pentru a obţine acest rezultat, curentul trebuie redresat, adică trebuie silit să circule numai într-un singur sens. Un dispozitiv care poate fi folosit în acest scop îţi este cunoscut ; este vorba de diodă.

Am însemnat pe schemă, cu săgeţi, sensul curentului de electroni, redresat de diodă. Observi desigur că redresăm numai o alternanţă din două.

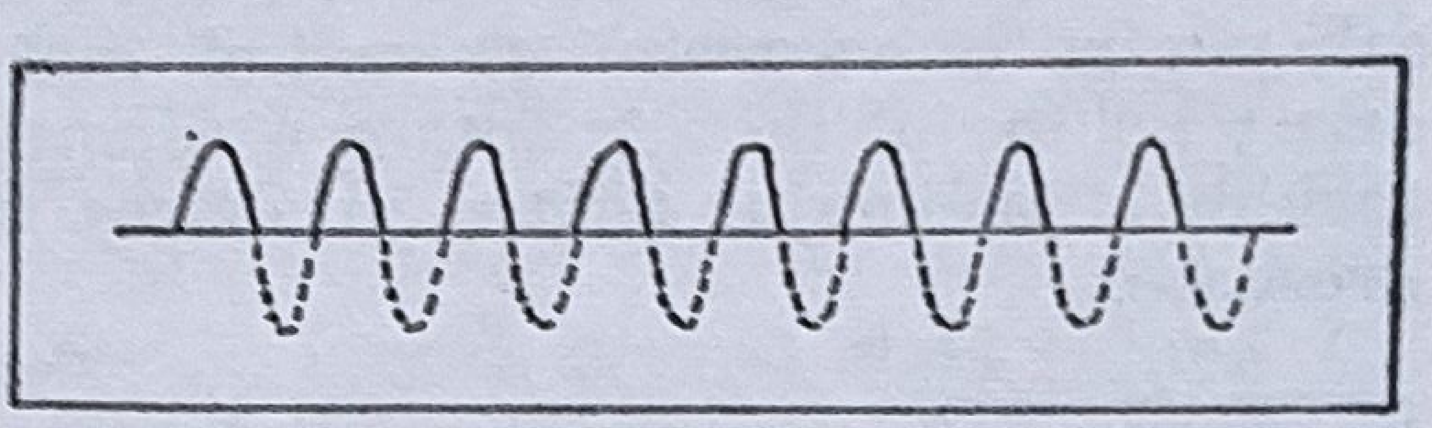


Circuit pentru redresarea uneia din cele două alternanţe ale înaltei tensiuni, cu ajutorul unei diode.

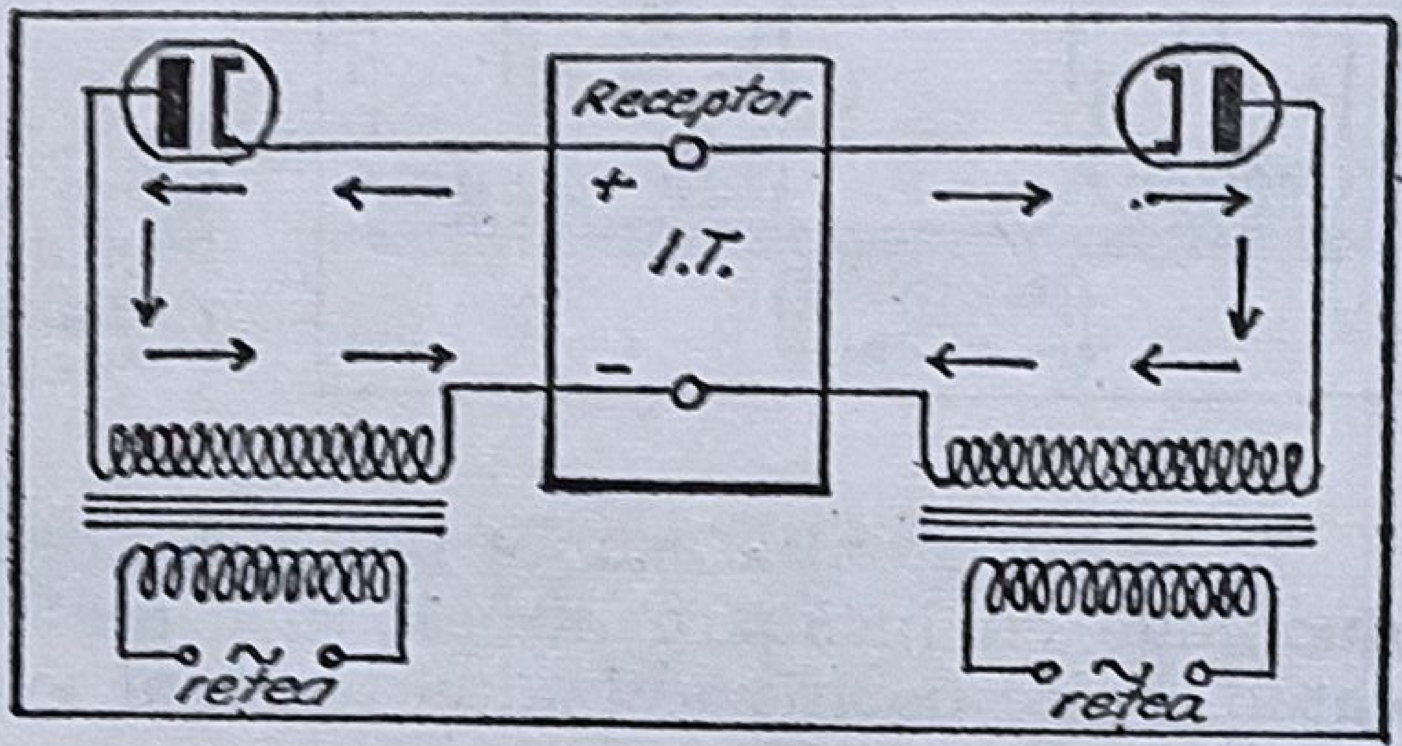
Înalta tensiune rezultată este destul de greu de nivelat, pentru a putea aplica pe anozii receptorului o tensiune con-

tinuă. Iată de ce este de preferat să se redreseze ambele alternanțe ale fiecărei perioade. Cum trebuie să procedăm ?

Alternanțele care trec prin diodă sînt figurate cu linie plină. Cu linie punctată sînt reprezentate alternanțele a căror trecere este împiedicată și care nu sînt utilizate, din această cauză.



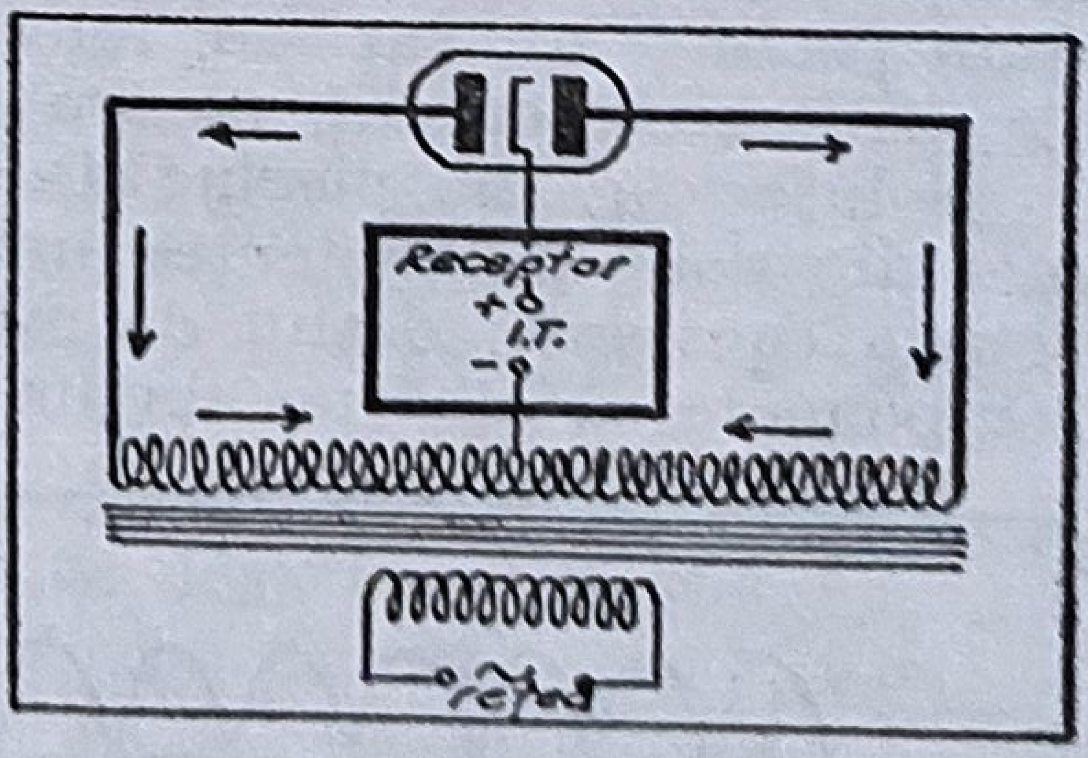
Iată cum arată o schemă cu două redresoare. În timpul unei alternanțe, curentul va trece prin unul din ele ; în timpul celeilalte alternanțe, va trece prin cel de al doilea redresor.



Folosind două diode, redresăm ambele alternanțe și le trimitem cu același sens la receptor.

Este oare obligatoriu să folosim două diode și două transformatoare ?

Putem utiliza un singur transformator cu priză mediană în secundar. Iar cele două diode ai căror catozi sînt, după cum vezi, legați între ei, pot fi înlocuite cu o duodiodă cu catod comun.

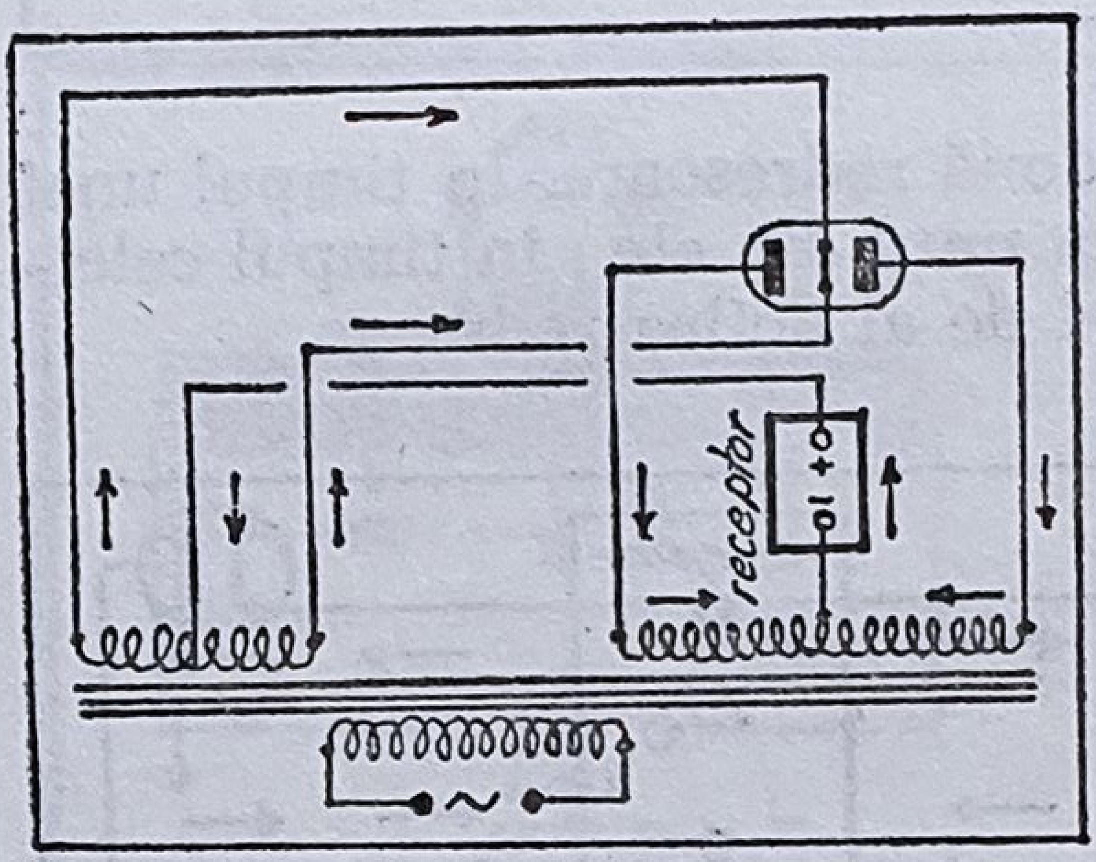


În locul celor două diode și al celor două transformatoare din schema precedentă, utilizăm o duodiodă și un transformator cu priză mediană în secundar.

Te rog să observi că în timpul fiecărei alternanțe, curentul trece numai prin jumătate din bobinajul secundar al trans-

formatorului : o dată prin partea stîngă, o dată prin partea dreaptă. Tensiunea totală pe secundar este deci de două ori mai mare decît cea pe care dorim să o obținem.

În realitate, transformatorul nostru va fi mult mai complicat, pentru că va trebui să conțină încă două bobinaje secundare : bobinajul de alimentare a filamentelor tuburilor receptorului și bobinajul pentru încălzirea catodului duodiodei redresoare.



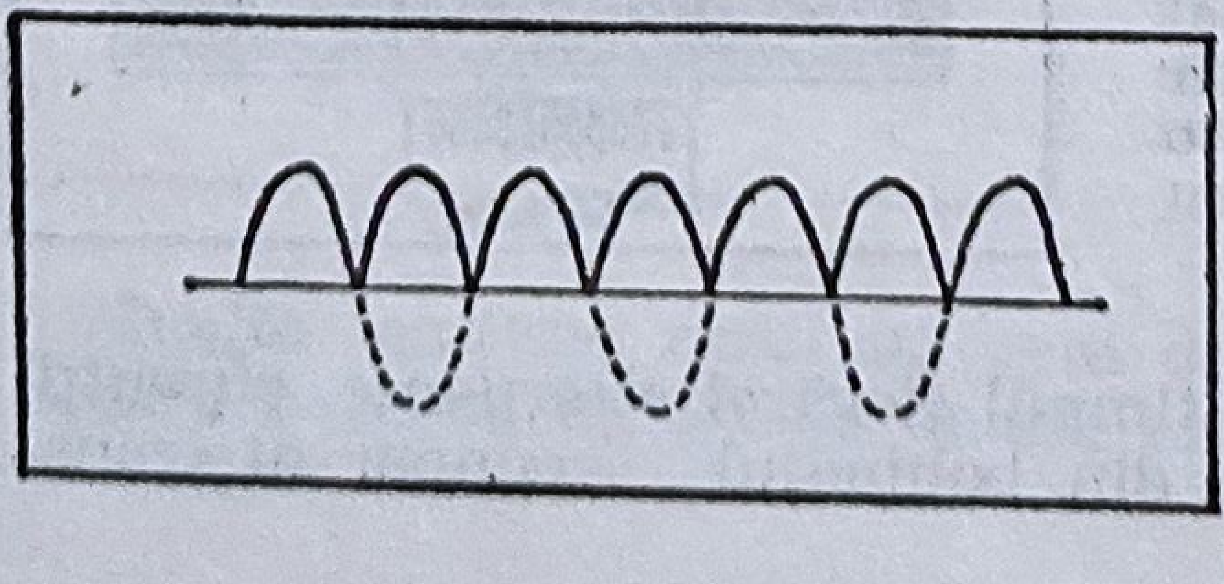
Schema de alimentare cu înaltă tensiune. Duodioda este cu încălzire directă. Săgețile indică sensul real al curentului dresat.

Îți atrag atenția asupra faptului că se întrebuințează uneori duodiode cu încălzire directă al căror filament servește drept catod. Polul pozitiv al înaltei tensiuni se leagă la priza mediană a bobinajului de filament.

FILTRAREA ÎNALTEI TENSIUNI

Forma curentului cu două alternanțe redresate începe să se apropie de linia dreaptă orizontală a curentului continuu. Cum poate fi nivelat sau, folosind termenul uzual, cum poate fi *filtrat* acest curent, pentru a-l face într-adevăr continuu ?

Soluția o găsim plecînd de la considerentul că el este format din două componente : una variabilă — cu două sensuri și una constantă, destul de mare pentru ca suma celor două componente să aibă un singur sens.



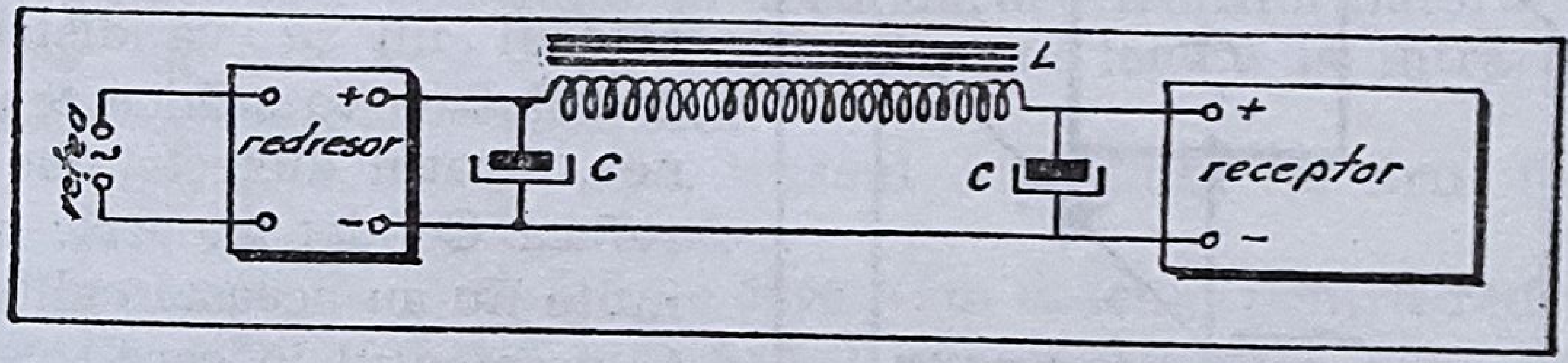
Cu linie plină este trasată forma curentului rezultat din redresarea ambelor alternanțe ; punctat sînt reprezentate alternanțele oprite de o diodă, care trec prin cealaltă diodă.

Filtrul trebuie să elimine componenta variabilă şi să permită trecerea componentei continue. În calea curentului se introduce, în acest scop, o inductanță de valoare mare, reprezentată de o bobină cu miez magnetic.

Pe de altă parte, se realizează un fel de cale de scurt-circuit pentru componenta variabilă, cu ajutorul unei capacități de valoare mare, plasată între conductoarele care reprezintă polul pozitiv şi polul negativ al înaltei tensiuni. Se montează două condensatoare, unul înainte de bobină şi unul după bobină. Se obține astfel o *celulă de filtraj*. În unele cazuri se folosesc chiar două asemenea celule legate în serie.

CONDENSATOARELE ELECTROLITICE

Condensatoarele de filtraj trebuie să aibă, după cum ți-am spus, o capacitate mare. Se folosesc în acest scop *condensatoare electrolitice* a căror valoare poate atinge mai multe zeci de microfarazi.

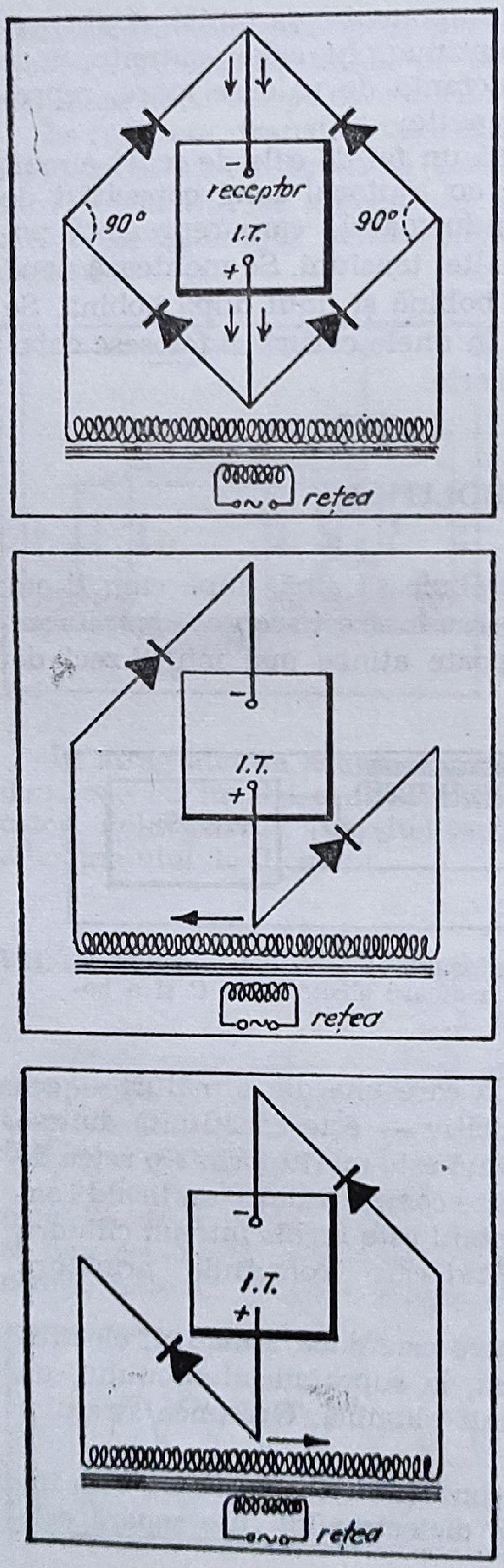


Între redresor şi circuitele receptorului se introduce o celulă de filtraj compusă din două condensatoare electrolitice *C* şi o bobină *L*.

Acestea sînt condensatoare la care una din armături — cea pe care se aplică potențialul pozitiv — este constituită dintr-o placă de aluminiu a cărei suprafață este mărită printr-o rețea de adîncituri. Armătura negativă este compusă dintr-un lichid conductor sau dintr-o pastă. Ansamblul este închis într-un cilindru metalic în contact cu *electrolitul* care constituie armătura negativă.

Cînd se aplică o tensiune între cele două armături, electrolitul se descompune şi formează, la suprafața aluminiului, un strat subțire dintr-un oxid numit alumină. Grosimea stratului este de ordinul micronului.

Sper că n-ai uitat că la un condensator, capacitatea este invers proporțională cu grosimea dielectricului care separă cele



sus — Redresor în punte cu patru diode semiconductoare. La *mijloc* şi *jos* sînt reprezentate traseele cîte uneia din cele două alternanțe.

două armături. Înțelegi prin urmare, de ce este atît de mare capacitatea condensatorului electrolitic.

Din păcate, orice avantaj îşi are reversul. Grosimea extrem de mică a acestui strat de dielectric poate fi străpunsă cu uşurință de o scînteie, dacă diferența de potențial dintre cele două armături depăşeşte o anumită valoare, precizată pentru fiecare model de condensator electrolitic.

Dacă, utilizînd un astfel de condensator, vei depăşi tensiunea limită admisă, stratul de alumină va fi străbătut de scîntei, dar condensatorul nu se va distruge. Imediat ce va scădea tensiunea, stratul dielectric se va reface. Condensatoarele obişnuite nu au această calitate: în momentul în care se produce o străpungere a dielectricului solid, acesta se carbonizează şi devine conductor.

Să nu uiți, Ignotus, că, spre deosebire de condensatoarele obişnuite, electroliticul este polarizat. El trebuie conectat cu atenție, legînd fiecare din cele două armături la podul corespunzător.

REDRESOARELE SOLIDE

După ce am văzut din ce se compune o celulă de filtraj, să revenim la problema redresării.

Ți-am arătat cum se realizează redresarea cu diode cu vid. Alături de redresoarele cu tuburi se folosesc de multă vreme și redresoarele solide cu semiconductoare. Un contact între cuprul pur și un oxid de cupru, cunoscut sub numele de *cuproxid,* reprezintă un redresor excelent. Dacă vom aplica, între aceste două materiale, o tensiune alternativă, electronii vor trece cu ușurință din spre cupru spre cuproxid, dar nu vor putea trece în sens invers.

Cu cît plăcile alăturate, confecționate din aceste două materiale, vor fi mai mari, cu atît vor putea fi redresate, cu ajutorul lor, intensități mai mari de curent.

Asemenea redresoare se montează adesea „în punte". Puntea este constituită din patru redresoare al căror circuit este reprezentat pe schemă sub forma unui pătrat. Una din diagonalele pătratului este conectată la secundarul transformatorului de rețea, iar cea de a doua diagonală este legată la intrarea de înaltă tensiune a receptorului.

Ți-am desenat, separat, traseul curentului pentru fiecare din alternanțele unei perioade.

Să știi că, în simbolul pe care l-am desenat pentru redresor, săgeata este îndreptată în sensul de deplasare a electronilor. De obicei în scheme, săgeata este îndreptată în sens contrar, adică în sensul convențional al curentului electric, care este orientat dinspre polul pozitiv spre polul negativ.

În rezumat, electroalimentarea din rețeaua de curent alternativ nu ridică, după cum vezi, probleme complicate. Un transformator furnizează curentul de filament al tuburilor, și, eventual, curentul pentru filamentele diodelor redresoare de înaltă tensiune. Această tensiune înaltă este redresată și apoi filtrată înainte de a fi aplicată circuitelor anodice ale receptorului.

Sper că am răspuns foamei tale de cunoștințe cu privire la alimentare.

Convorbirea a 9-a

Feding și antifeding

Cum se propagă undele electromagnetice lungi, medii și scurte ? Cum se produce acea variație a puterii lor pe care o resimțim la recepție și pe care o numim feding ? Cum putem combate efectele fedingului, astfel încît să menținem constantă intensitatea audiției în receptoare ? Toate aceste chestiuni sînt examinate în convorbirea care urmează :

PROPAGAREA UNDELOR

IGNOTUS : Pînă acum, dragă prietene, tu și unchiul tău mi-ați explicat din ce sînt alcătuite și cum funcționează emițătoarele și radioreceptoarele echipate cu tuburi. Dar ce se întîmplă pe drumul dintre ele ? Știu că undele radioelectrice se propagă cu viteza luminii, deci cu 300 000 de kilometri pe secundă. Nu mi-ai vorbit însă niciodată, despre traiectoria acestor unde. Faptul că putem recepționa emițătoare de unde scurte, chiar atunci cînd sînt situate la antipod față de noi, se explică cumva prin faptul că aceste unde traversează globul terestru ?

CURIOSUS : Nu, Ignotus, undele nu pot străbate pămîntul. Orice corp cît de cît bun conducător de electricitate — din această categorie face parte și scoarța pămîntului — absoarbe undele, sau, în cel mai bun caz, le reflectă. Reflexia se produce atunci cînd undele ajung pe stratul conducător sub un unghi destul de mic.

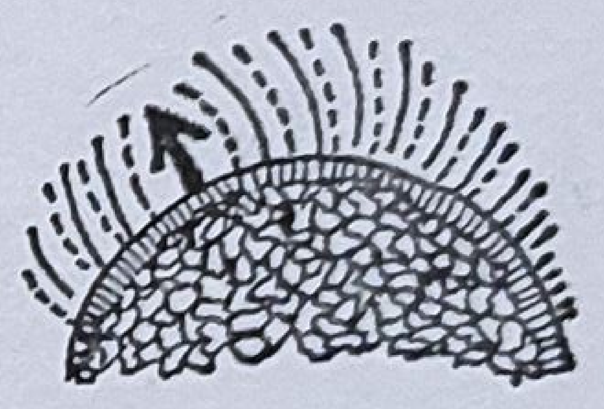


Propagarea depinde foarte mult de frecvența de emisie. Undele lungi se propagă urmînd curbura pămîntului. Corpurile conducătoare întîlnite de-a lungul traseului le fac să piardă energie. Vei deduce deci singur că raza lor de acțiune e limitată.

IGNOTUS : Prin urmare, deşi pot să ascult în bune condiţiuni pe unde lungi staţii din ţările vecine, nu voi putea să aud niciodată pe aceste lungimi de undă programe din regiuni îndepărtate. În schimb, pot să recepţionez, în special după miezul nopţii, unde medii sosite de foarte departe. Cît despre undele scurte, le pot primi din orice parte a lumii. Probabil că traiectoriile lor sînt mai flexibile decît cele ale undelor lungi şi că, din această cauză, ele pot ocoli cu uşurinţă jumătate din globul pămîntesc.

CURIOSUS : Ipoteza ta e greşită. Cu cît sînt mai scurte undele, cu atît e mai rectiliniu drumul lor. Gîndeşte-te Ignotus, la propagarea acelor unde ultra-ultrascurte care sînt undele luminoase. Putem să ne închipuim linii mai drepte decît razele de lumină ?

IGNOTUS : Atunci nu înţeleg cum putem recepţiona, în pofida curburii suprafeţei pămîntului, undele scurte emise chiar şi de la antipozi. Dacă s-ar propaga într-adevăr în linie dreaptă, aceste unde ar trebui să se piardă în spaţiul extraterestru.



ÎN JURUL PĂMÎNTULUI ŞI ÎN COSMOS

CURIOSUS : Este adevărat că există unde care pătrund în spaţiul cosmic. Cu ajutorul lor se stabilesc legăturile cu cosmonauţii în timpul zborului navelor spaţiale, în timpul plimbărilor pe lună sau pe o altă planetă, mai mult sau mai puţin îndepărtată.



Dar să revenim pe pămînt, aşa cum fac dealtfel şi undele radioelectrice. Ele se întorc pentru că la altitudinea de 100 pînă la 125 km. sînt reflectate de un strat al atmosferei, care este bun conducător de electricitate. Acest strat este numit — după numele celor doi savanţi care i-au descoperit primii existenţa — „stratul Kenelly — Heaviside“.

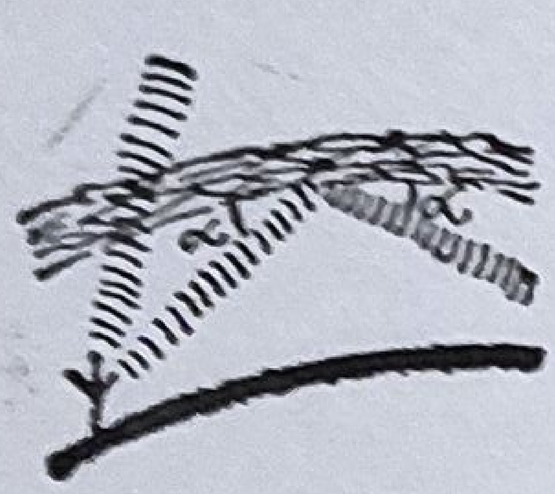
De fapt, este vorba de un strat, cunoscut sub numele de *ionosferă*, compus din aer ionizat sub acţiunea razelor ultraviolete ale soarelui. Îţi aminteşti desigur că o substanţă ionizată devine bună conducătoare de electricitate.

IGNOTUS : Deci, undele medii şi scurte revin spre suprafaţa pămîntului după ce sînt reflectate de ionosferă. În aceste condiţii, nu văd cum se pot realiza comunicaţiile cosmice de care vorbeai.

CURIOSUS : Totul depinde de valoarea unghiului sub care este atacată ionosfera de o undă. Dacă unghiul depăşeşte o anumită valoare, undele pătrund în ionosferă, o străbat şi se

propagă apoi cu ușurință în vidul cosmic. Dacă, în schimb, unghiul este mai mic decît o valoare limită, unda este reflectată spre pămînt.

IGNOTUS : Și, ajunsă aici, este absorbită probabil de suprafața pămîntului ?



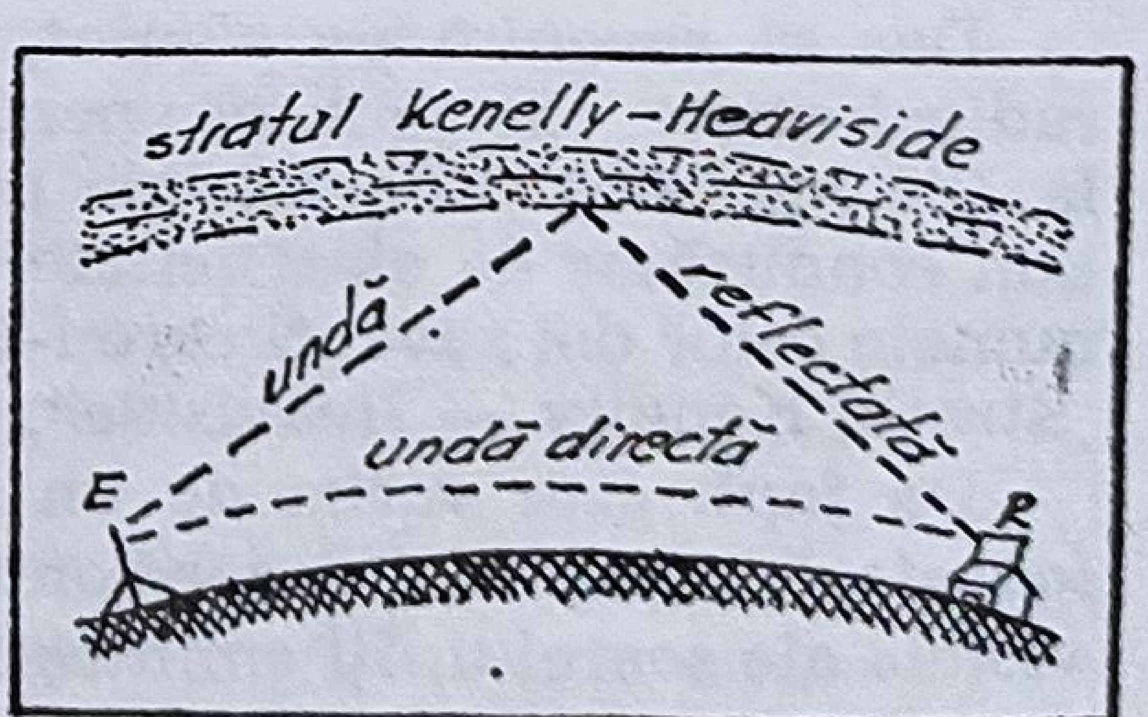
CURIOSUS : Nu e obligatoriu. În funcție de unghiul dintre direcția undelor și suprafața terestră, pămîntul poate reflecta la rîndul lui undele. Prin urmare, undele pot face mai multe drumuri dus și întors între ionosferă și pămînt și deci au posibilitatea să ajungă foarte departe sau chiar să ocolească globul pămîntesc.

IGNOTUS : Acum înțeleg cum se recepționează emisiunile care sosesc de la distanțe foarte mari. Totuși, intensitatea audiției are uneori fluctuații. Acest lucru se întîmplă pentru că undele nu sînt perfect reflectate de ionosferă ?

CURIOSUS : Aceste variații de intensitate poartă numele de *feding*, ceea ce în limba engleză înseamnă „dispariție". Fedingul se produce pentru că se recepționează simultan mai multe unde care vin pe trasee diferite, de la același emițător.

Așa se întîmplă, de exemplu, atunci cînd se recepționează o undă directă și una reflectată, caz întîlnit frecvent în domeniul undelor medii. Dacă puterea emițătorului este destul de mare, aceste unde reușesc să ocolească o bună parte din suprafața pămîntului.

Într-o anumită poziție recepționăm deci în același timp, atît unda directă cît și unda reflectată de ionosferă. Distanța străbătută de ele nu e aceeași ; unda reflectată are de parcurs un drum mult mai lung decît unda directă.



Undele pot aujnge de la emițătorul E la receptorul R pe două trasee : direct sau după ce sînt reflectate de stratul de aer ionizat Kenelly — Heaviside, în zonele înalte ale atmosferei.

IGNOTUS : Iartă-mă că te întrerup, dar cred că acum înțeleg cauzele fedingului.

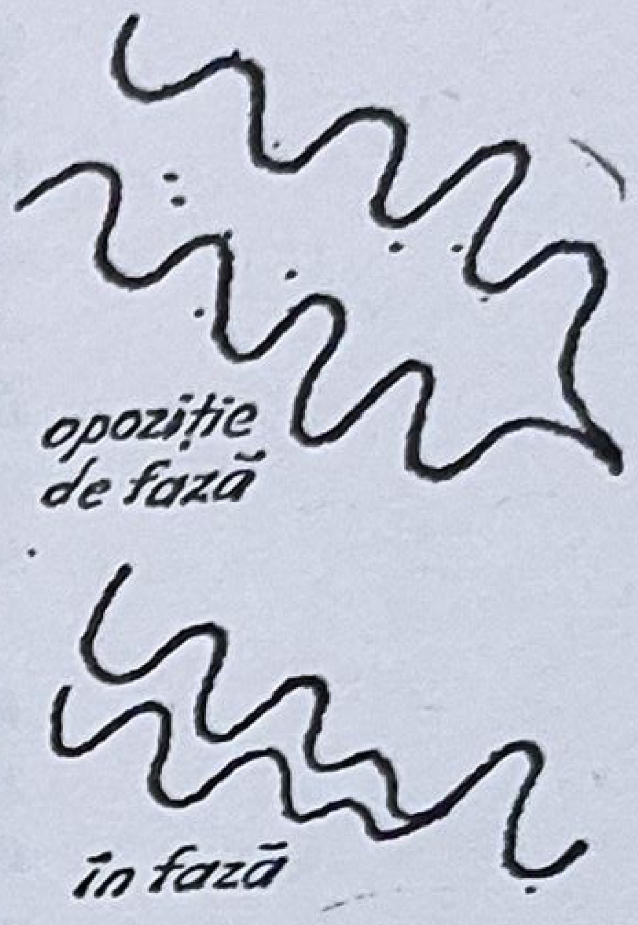
Cînd două unde ajung cu aceeași fază la antena de recepție, totul e în ordine. Curenții induși de ele se adună și recepția e bună.

Dacă însă, unda directă și unda reflectată nu sînt în fază, curenții induși de ele în antenă se deranjează reciproc, iar dacă

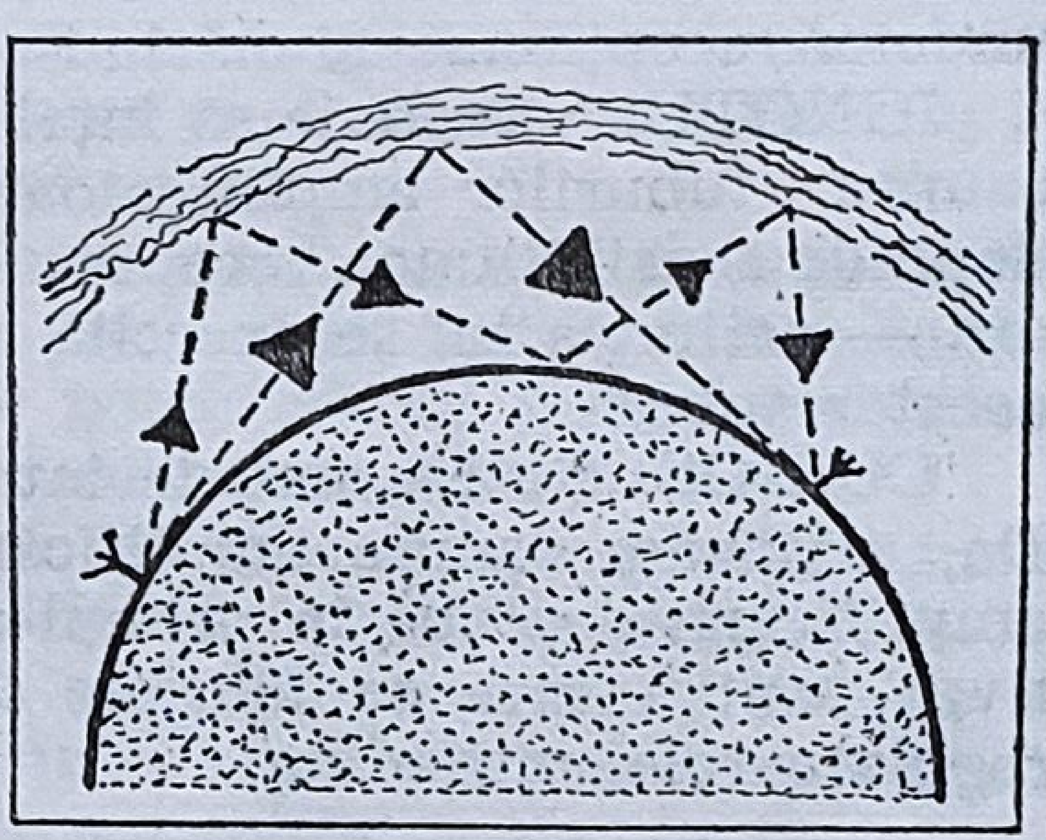
sînt exact în opoziție de fază, undele tind să se anuleze. Aceasta trebuie să fie cauza fedingului, nu ?

CURIOSUS : Deducția ta e perfectă.

IGNOTUS : Și totuși nu-mi dau seama cum se produce fedingul pentru semnalele provenite de la emițătoarele de unde scurte foarte depărtate. Mi-ai spus că aceste unde nu pot să ocolească globul terestru. În aceste condiții, nu recepționăm decît unda reflectată. M-am gîndit mult, dar n-am reușit să înțeleg cine produce fedingul în acest caz.



CURIOSUS : E foarte simplu : imaginează-ți că am recepționa în același timp două unde reflectate de un număr diferit de ori, între atmosferă și pămînt.

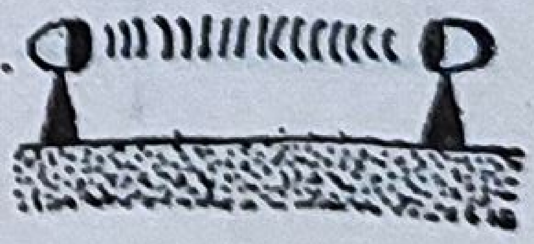


Recepție simultană a două unde sosite de la același emițător și reflectate de un număr diferit de ori de ionosferă (în figură odată și de două ori).

IGNOTUS : Am înțeles. Dar cum se explică fluctuațiile fedingului ? Se schimbă cumva traseele undelor reflectate ?

CURIOSUS : Și încă cum ! Nu trebuie să-ți închipui ionosfera ca o oglindă rigidă. Ea oscilează, se ondulează, înălțimea ei depinde de direcția razelor soarelui, suprafața ei e foarte neregulată.

Iată de ce variază, mai mult sau mai puțin rapid, defazajul undelor recepționate simultan.



PRINCIPIUL ANTIFEDINGULUI

IGNOTUS : Mă întreb dacă n-am putea evita acest efect neplăcut, utilizînd o recepție suficient de directivă, în așa fel încît să captăm numai un singur tren de unde.

CURIOSUS : Evident, acest lucru e posibil. Pentru a realiza legături stabile între două puncte al globului terestru, se folosesc, atît la emisie, cît și la recepție, antene directive.

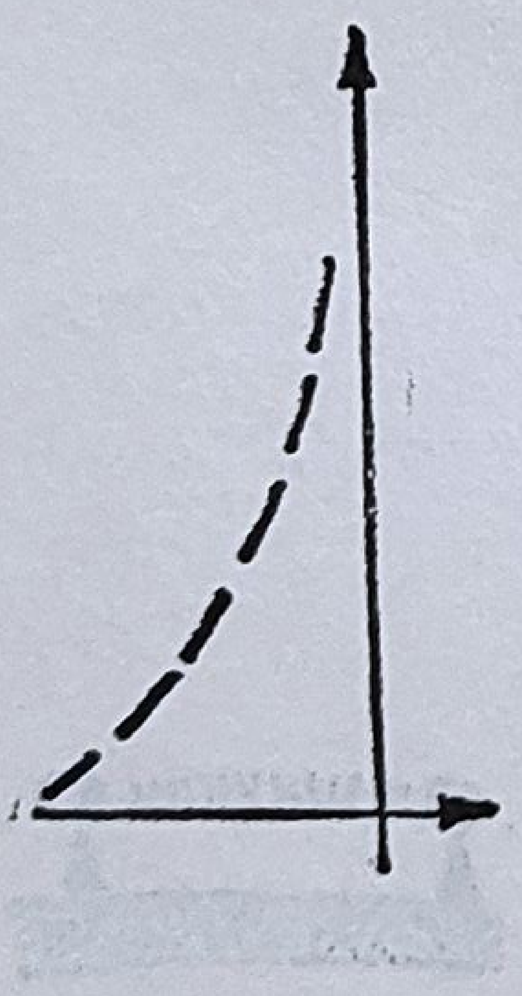
În radiodifuziune însă, această metodă nu este de loc potrivită. Pentru ca emisiunile să poată fi recepționate de cît mai mulți oameni, antena care le emite nu trebuie să fie orientată într-un singur sens. La fel, pentru ca la recepție să putem trece cu ușurință de pe un program pe altul, nici antena receptorului nu trebuie să fie directivă.

IGNOTUS : Prin urmare, trebuie să suportăm variațiile fedingului fără să putem face nimic ?

CURIOSUS : Linișteşte-te Ignotus. Toate receptoarele sînt înzestrate cu un regulator antifeding care permite să se evite acțiunea fedingului asupra intensității sunetului în difuzor. În acest scop, un montaj destul de simplu modifică automat sensibilitatea receptorului, reducînd-o cînd crește puterea undelor recepționate și mărind-o cînd fedingul atenuează undele.

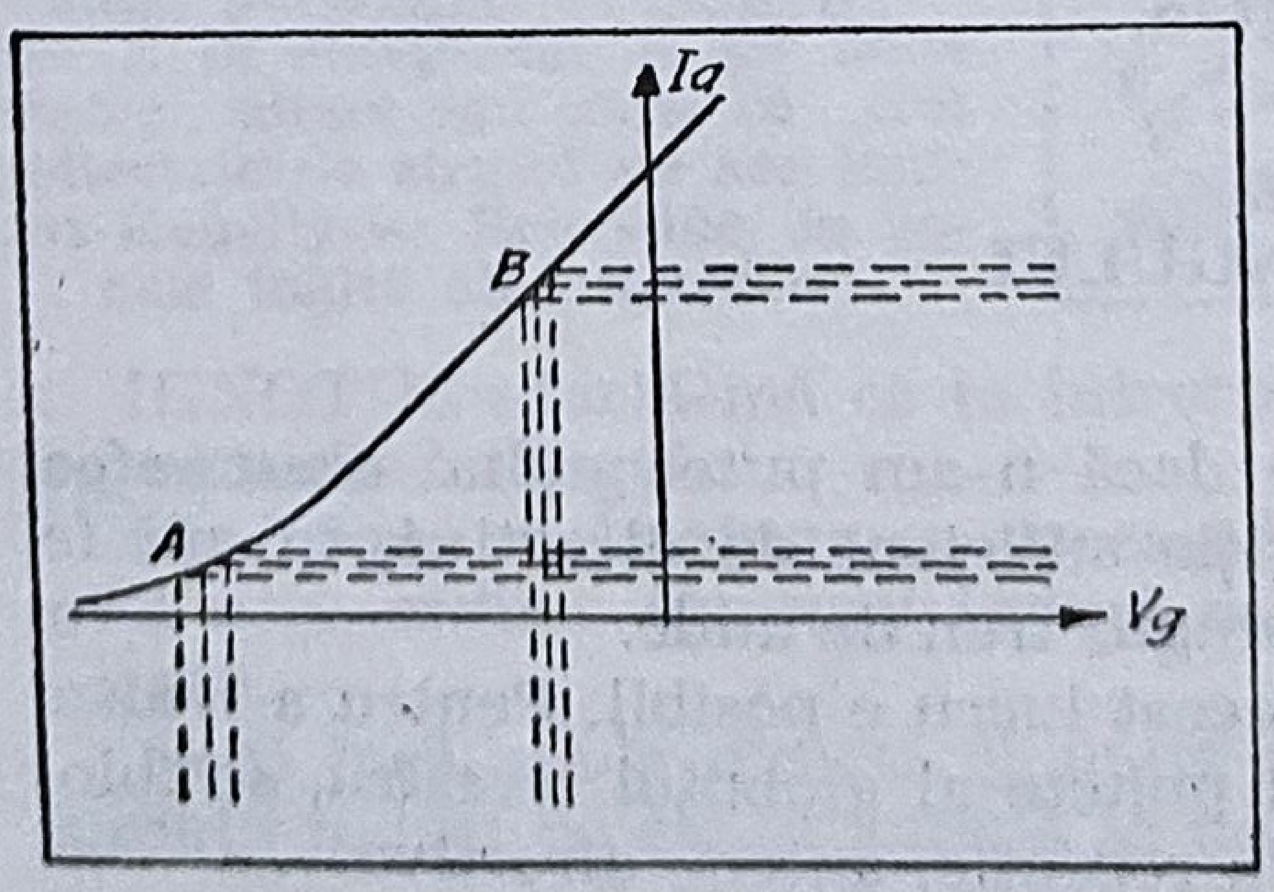
IGNOTUS : Trebuie să înțeleg că acest dispozitiv acționează asupra tuburilor amplificatoarelor de I.F. și de F.I. de care depinde sensibilitatea receptoarelor și că — dacă lucrurile stau așa — acțiunea lui se exercită asupra uneia din caracteristicile acestor tuburi ?

CURIOSUS : La ambele întrebări răspunsul este afirmativ. Da, acționăm asupra amplificării acestor tuburi, iar valoarea amplificării depinde în primul rînd de pantă. Acesta este motivul pentru care se folosesc tuburile cu pantă variabilă în regulatoarele antifeding.



PANTA VARIABILĂ

IGNOTUS : Cum poate să varieze panta ? Doar mi-ai explicat că grila se polarizează în așa fel, încît punctul de funcționare al tuburilor să se afle în partea rectilinie a curbei, care reprezintă variațiile curentului anodic în funcție de potențialul



Datorită pantei variabile, amplitudinile diferite, aplicate pe grilă, permit să se obțină pe anod amplitudini egale. În acest scop se modifică potențialul aplicat pe grilă.

grilei. Şi am reţinut că, atunci cînd punctul de funcţionare e situat în cotul inferior al curbei, tubul nu amplifică ci detectează.

CURIOSUS : Toate acestea sînt exacte, dragul meu, atunci cînd este vorba de tuburile caracterizate prin acea curbă liniară de care vorbeai. Dar pentru a realiza antifedinguri, folosim tuburi cu pantă variabilă. Curba este... curbă. Te rog să observi că pe măsură ce potenţialul punctului de funcţionare devine mai puţin negativ, panta creşte. În punctul B ea este mai mare decît în punctul A.

Curbura este totuşi foarte lină, astfel încît în orice parte a ei, o mică porţiune a acestei curbe poate fi asimilată cu un segment de dreaptă. Prin urmare nu există deloc pericolul ca variaţiile curentului anodic să fie distorsionate, cîtă vreme oscilaţiile potenţialului V_g al grilei au amplitudine mică !

IGNOTUS : Aşa e ! Am înţeles cum se petrec lucrurile cu ajutorul desenului pe care mi l-ai arătat.

În punctul A unde panta este mică, se aplică oscilaţii de amplitudine mai mare decît în punctul B, unde panta este mai mare. Aceste două oscilaţii ale potenţialului grilei produc variaţii de amplitudine egale ale curentului anodic.

Presupun deci, că putem să aranjăm ca punctul de funcţionare să se deplaseze în funcţie de valoarea semnalului la intrarea în receptor. Cu cît e mai slab semnalul, cu atît se deplasează către dreapta punctul de funcţionare, pentru a asigura, printr-o pantă mai mare o amplificare mai bună.

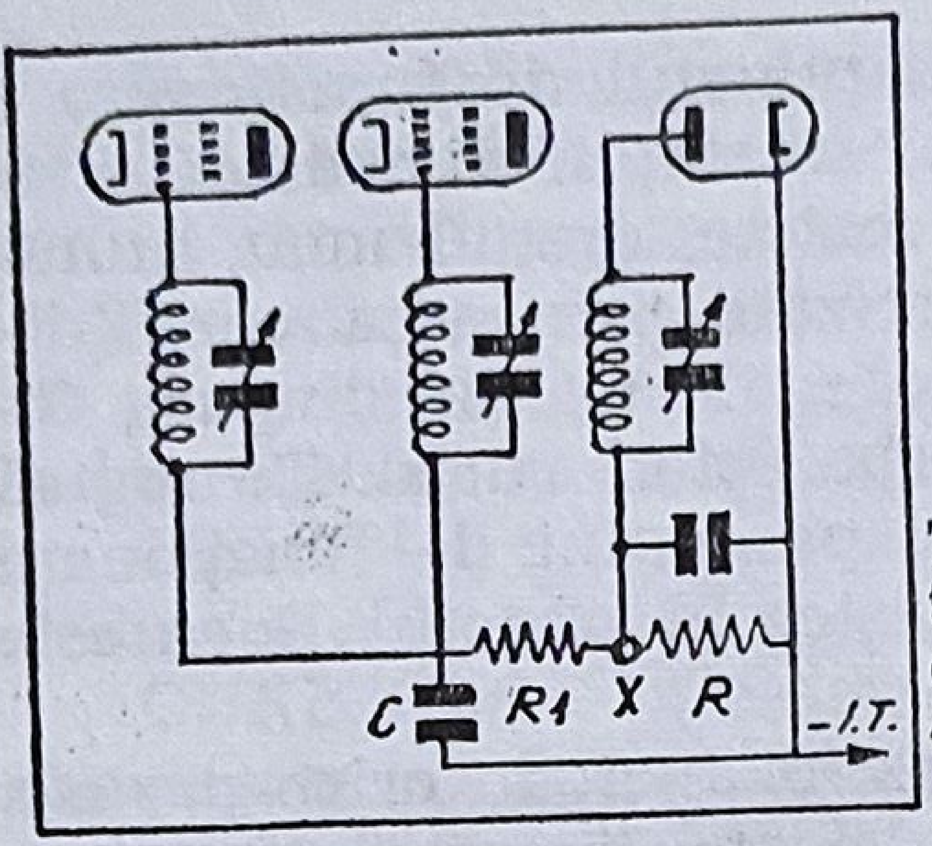
CURIOSUS : Chiar aşa se petrec lucrurile în tuburile cu pantă variabilă.

IGNOTUS : Deci, cu cît sînt mai puternice semnalele recepţionate, cu atît trebuie să fie mai negativate grilele tuburilor de I.F. şi de F.I. Dar cum se obţine acest rezultat în sistemele antifeding ?

TENSIUNEA DE REGLAJ ANTIFEDING

CURIOSUS : Foarte simplu : se utilizează în acest scop tensiunea obţinută după detecţie. Această tensiune, proporţională cu amplitudinea semnalului captat de antenă, se extrage din punctul X, de la extremitatea negativă a rezistenţei R, care este străbătută de curentul detectat şi se aplică apoi pe grilele tuburilor care preced detecţia.

IGNOTUS : Dar bine, dragul meu Curiosus, ceea ce faci tu e o nebunie ! În punctul X, tensiunea detectată este o tensiune de A.F. Nu vei reuşi să obţii decît o reacţie, aş zice chiar o



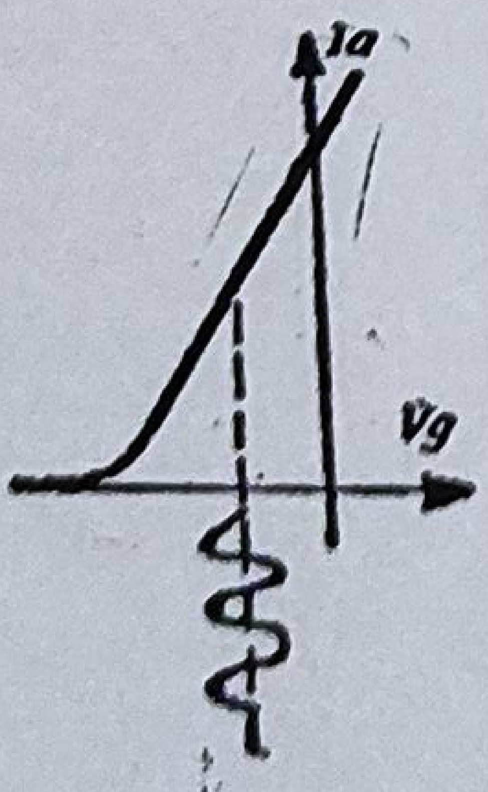
Tensiunea antifeding extrasă din punctul x al circuitului de detecție este aplicată pe grilele celor două tuburi amplificatoare de IF, după ce este filtrată prin R_1 și prin C.

reacție negativă dacă aplici o tensiune de AF pe grilele tuburilor care preced detecția.

CURIOSUS : Liniștește-te Ignotus. Această tensiune nu se aplică direct pe grile. Ea trece întîi printr-o rezistență R_1 de valoare mare, care se opune trecerii variațiilor mai mult sau mai puțin rapide. Variațiile care reușesc totuși să o străbată se înapoiază la catodul diodei detectoare datorită capacității mari a condensatorului C.

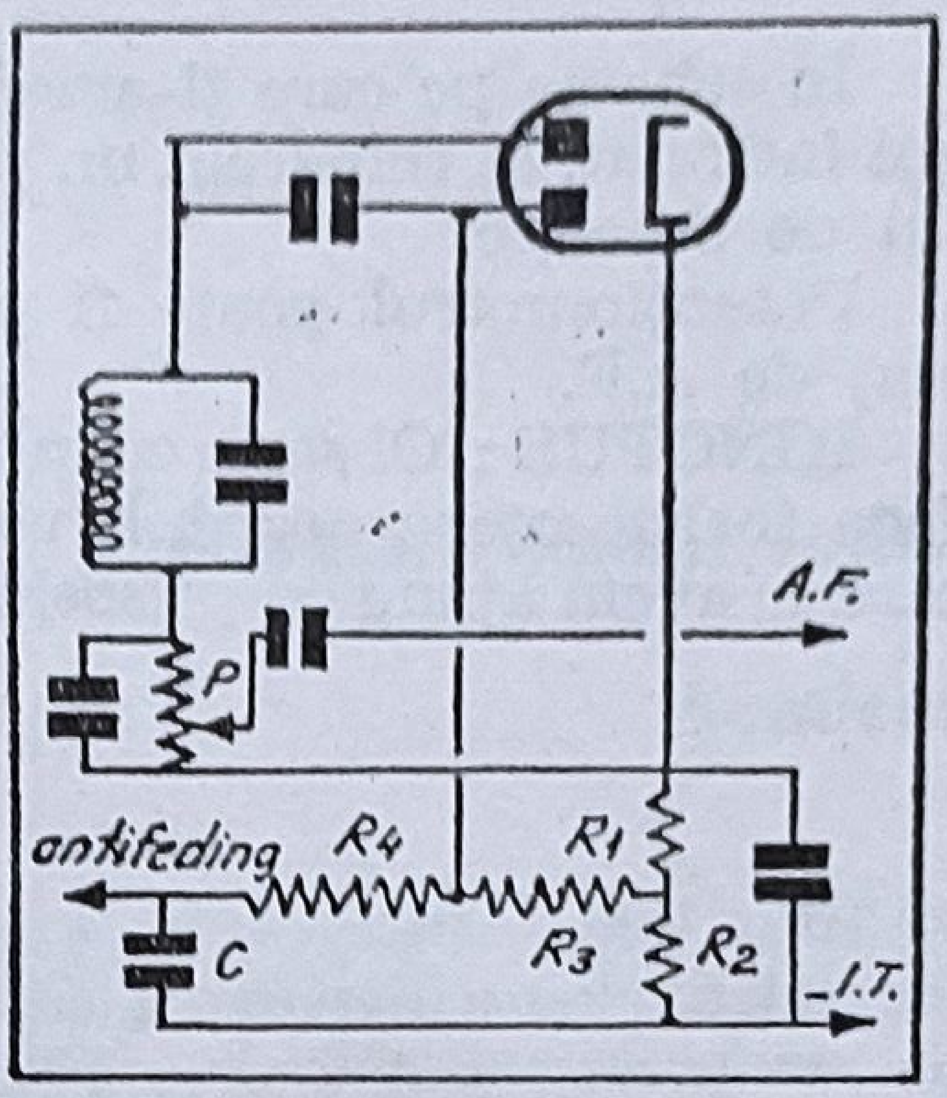
IGNOTUS : Acest ansamblu R_1C îmi amintește de celulele de filtraj. Am început să înțeleg : pe grilele tuburilor cu pantă variabilă nu se aplică oscilațiile de A.F. ci doar un potențial negativ care variază în funcție de feding. Cu cît sînt mai puternice semnalele recepționate, cu atît devine mai negativ potențialul pe grilele tuburilor cu pantă variabilă, reducîndu-se astfel sensibilitatea receptorului. În acest fel, intensitatea sunetului se menține normală, în pofida fedingului.

ANTIFEDING ÎNTÎRZIAT



CURIOSUS : Văd că ai înțeles principiul antifedingului. Voi adăuga că în acest scop se folosesc adesea tuburi care conțin două diode cu catod comun. Unul servește pentru detecție și produce tensiunea care se aplică amplificatorului de A.F. iar din cel de al doilea detector se obține tensiunea antifeding care se trimite la amplificatorele de I.F. și F.I.

Această separare de funcțiuni permite să se realizeze un *antifeding întîrziat* în care reglarea începe să se producă numai dacă intensitatea semnalului recepționat depășește o anumită valoare. Deci, dacă această intensitate nu este prea mare, nu se produce o reducere a sensibilității. În absența tensiunii



Utilizarea unei duodiode permite separarea funcţiilor de detecţie AF şi de antifeding, obţinîndu-se astfel antifedingul întîrziat care măreşte sensibilitatea receptorului.

antifeding, receptorul îşi păstrează sensibilitatea maximă. Antifedingul întîrziat se obţine polarizînd, cu ajutorul unei tensiuni negative, anodul diodei care produce tensiunea de reglaj antifeding.

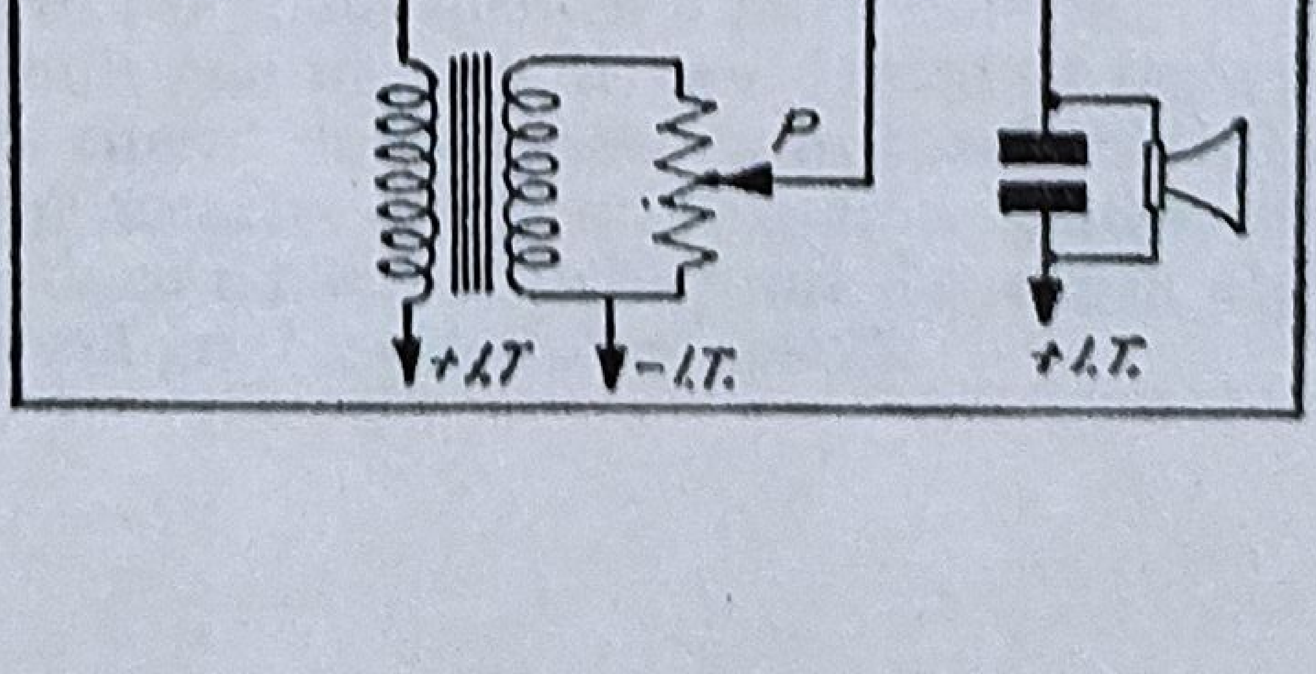
REGLAREA MANUALĂ A INTENSITĂŢII AUDIŢIEI



IGNOTUS : Mi-ai explicat diferitele aspecte ale reglajului antifeding, cel care face ca intensitatea audiţiei să nu fie influenţată de fluctuaţiile semnalului la intrarea în receptor.

Vreau să te mai întreb ceva. Cum se realizează reglarea volumului sonor atunci cînd nu vrei să-ţi deranjezi vecinii sau cînd — dimpotrivă — vrei să-i împiedici să doarmă ?

CURIOSUS : Acest reglaj se face după detecţie, cu ajutorul unui potenţiometru care permite să se trimită la etajul următor de A.F., o parte mai mică sau mai mare din tensiune.



Cu ajutorul potenţiometrului *P* se reglează intensitatea audiţiei în receptor.

În schema pe care ți-am desenat-o ca să-ți explic antifedingul întîrziat, ai remarcat un potențiometru P conectat în circuitul de detecție.

Potențiometrul poate fi plasat și între primul și al doilea etaj de A.F.

IGNOTUS : Observ cu plăcere că reglarea receptoarelor se face foarte ușor : acordul, volumul sonor... cele două mîini pe care le avem ajung cu prisosință.

Profesorul Radiol vorbește despre :

Semiconductoare

În acest scop el reamintește mai întîi bazele fizice ale electricității și structura corpurilor conducătoare, semiconductoare și izolatoare, conform celor expuse în primul său monolog, pe care v-am ruga să-l recitiți. După aceea el explică caracteristicile semiconductoarelor de tip n *și* p *și studiază comportarea joncțiunii lor în funcție de polaritatea și de valoarea tensiunilor aplicate acesteia.*

Pînă acum, dragii mei prieteni, ați studiat aproape complet diversele montaje echipate cu tuburi electronice. Singura problemă pe care nu ați examinat-o încă, este aceea a modulației de frecvență. Părerea mea este să o studiem mai tîrziu.

Este însă timpul, ca imediat să abordăm marele domeniu al materialelor semiconductoare, domeniu de care aparțin tranzistoarele, dispozitive care de la mijlocul secolului nostru înlocuiesc avantajos tuburile electronice cu vid.

AVANTAJELE SEMICONDUCTOARELOR

Superioritatea lor constă, în primul rînd, în aceea că aceste dispozitive se mulțumesc cu tensiuni mult mai mici decît cele necesare tuburilor electronice. Anodul acestora necesită tensiuni de ordinul sutelor de volți sau chiar mai mari... În ceea ce privește tranzistorul, acesta se mulțumește cu o tensiune mai mică de 10 volți pe care i-o poate furniza o mică baterie.

Ceea ce este însă mult mai important, este faptul că tranzistorul nu are nevoie de curent de încălzire, ca în cazul tuburilor electronice și care prin aceasta, disipă o cantitate considerabilă de calorii, situație ce duce adesea la defecțiuni din cauza altor componente, care suportă greu încălzirea excesivă.

În comparaţie cu tuburile electronice, semiconductoarele se disting de primele, prin enorma lor *fiabilitate* (siguranţă) : durata lor de viaţă este practic infinită, cu excepţia montării sau utilizării lor greşite. Semiconductoarele nu se defectează niciodată. Ştiţi de asemenea, că tuburile electronice îmbătrînesc şi mor, după o anumită durată de funcţionare.

În afară de cele arătate mai sus, tranzistoarele sînt mult mai puţin lacome decît tuburile electronice : ele se mulţumesc cu o putere de sute de ori inferioară celei consumate de tuburi.

În sfîrşit, utilizarea semiconductoarelor a orientat însăşi electronica spre miniaturizare şi chiar, aşi putea spune către microminiaturizarea acesteia. De fapt, volumul tranzistoarelor şi a celorlalte dispozitive semiconductoare poate fi făcut foarte mic. Mai mult decît atîta : astăzi se realizează circuite integrate, circuite care cuprind mai multe dispozitive semiconductoare la un loc cu rezistenţele şi condensatoarele respective, toate aceste componente avînd dimensiuni microscopice.

CONDUCTOARE, IZOLATOARE ŞI SEMICONDUCTOARE

Despre microelectronică vom vorbi mai tîrziu. Ceea ce aş vrea să vă explic astăzi, sînt noţiunile de bază asupra semiconductoarelor. Sper, Ignotus, că nu ai uitat nimic din cele ce v-am explicat cu privire la structura materiei.

Vă reamintesc că un atom este neutru din punct de vedere electric, numai atunci cînd posedă un număr de electroni egal cu cel al protonilor. Dacă numărul de electroni este superior protonilor, atomul este un ion negativ. În caz contrar, cînd numărul electronilor este inferior numărului protonilor, atomul este un ion pozitiv.

Numai electronii plasaţi pe orbita exterioară a atomului se pot elibera şi trece pe orbita exterioară a unui alt atom. Dacă un atom conţine pe orbită exterioară mai puţin de 4 electroni, aceştia pot să-l părăsească şi deci pot fi atraşi către alţi atomi încărcaţi pozitiv. În consecinţă, elementele ai căror atomi posedă pe orbita exterioară, mai puţin de 4 electroni, sînt corpuri conductoare. Tocmai aceşti electroni eliberaţi, care au posibilitatea să se deplaseze, compun curentul electric. De îndată ce un electron părăseşte un atom neutru, acesta devine ionizat pozitiv.

Dacă orbita exterioară a unui atom conţine mai mult de 4 electroni, aceştia refuză cu încăpăţînare să-l părăsească. Un astfel de element nu conţine electroni liberi şi este deci un *izolator*.

În sfîrşit, există elemente, ca siliciul sau germaniul, care posedă pe orbita exterioară 4 atomi. Acestea nu sînt nici conductoare nici izolatoare, sînt însă acele substanţe denumite *semiconductoare*.

Această denumire este foarte bine justificată prin rezistivitatea lor. Vă reamintesc că acest termen reprezintă rezistenţa pe care o prezintă curentului electric, un cub cu latura de un centimetru.

Rezistivitatea conductoarelor este cuprinsă între 1 şi 100 microohmi. Cea a semiconductoarelor cuprinde domeniul între 0,01 şi 1 000 ohmi. Cît despre cea a corpurilor izolatoare ea este cuprinsă între 10 megohmi pînă la un bilion de megohmi (rezistivitatea cuarţului). Se vede deci, clar că semiconductoarele sînt plasate, din punct de vedere al rezistivităţii electrice, între conductoare şi izolatoare.

CONDUCTIBILITATEA INTRINSECĂ

Cărui fapt se datoreşte *conductibilitatea intrinsecă* a semiconductoarelor ? Foarte simplu : agitaţiei termice a atomilor acestor corpuri. Ştiţi că mişcarea dezordonată a moleculelor se datoreşte căldurii. Odată cu creşterea temperaturii agitaţia termică a moleculelor devine mai mare.

Astfel la o temperatură ambiantă de +22°C, agitaţia termică smulge dintr-un milion de atomi de germaniu numai doi electroni. Bineînţeles, aceasta nu este o cifră enormă. Gîndiţi-vă însă că un miligram din această substanţă conţine 10^{26} atomi. Aceasta înseamnă, că pentru această cantitate există 2 miliarde de electroni liberi. Acest fapt permite trecerea prin germaniu a unui curent de ordinul unei miliardimi de amper.

Curentul acesta poate fi mărit în cazul creşterii temperaturii semiconductorului. Totuşi, situaţia se evită, deoarece, după cum vom vedea imediat, semiconductoarele nu sînt utilizate pentru conductibilitatea lor intrinsecă. Siliciul este mult mai utilizat decît germaniul, deoarece este mult mai puţin sensibil la variaţiile de temperatură : rezistivitatea siliciului variază mult mai puţin funcţie de temperatură.

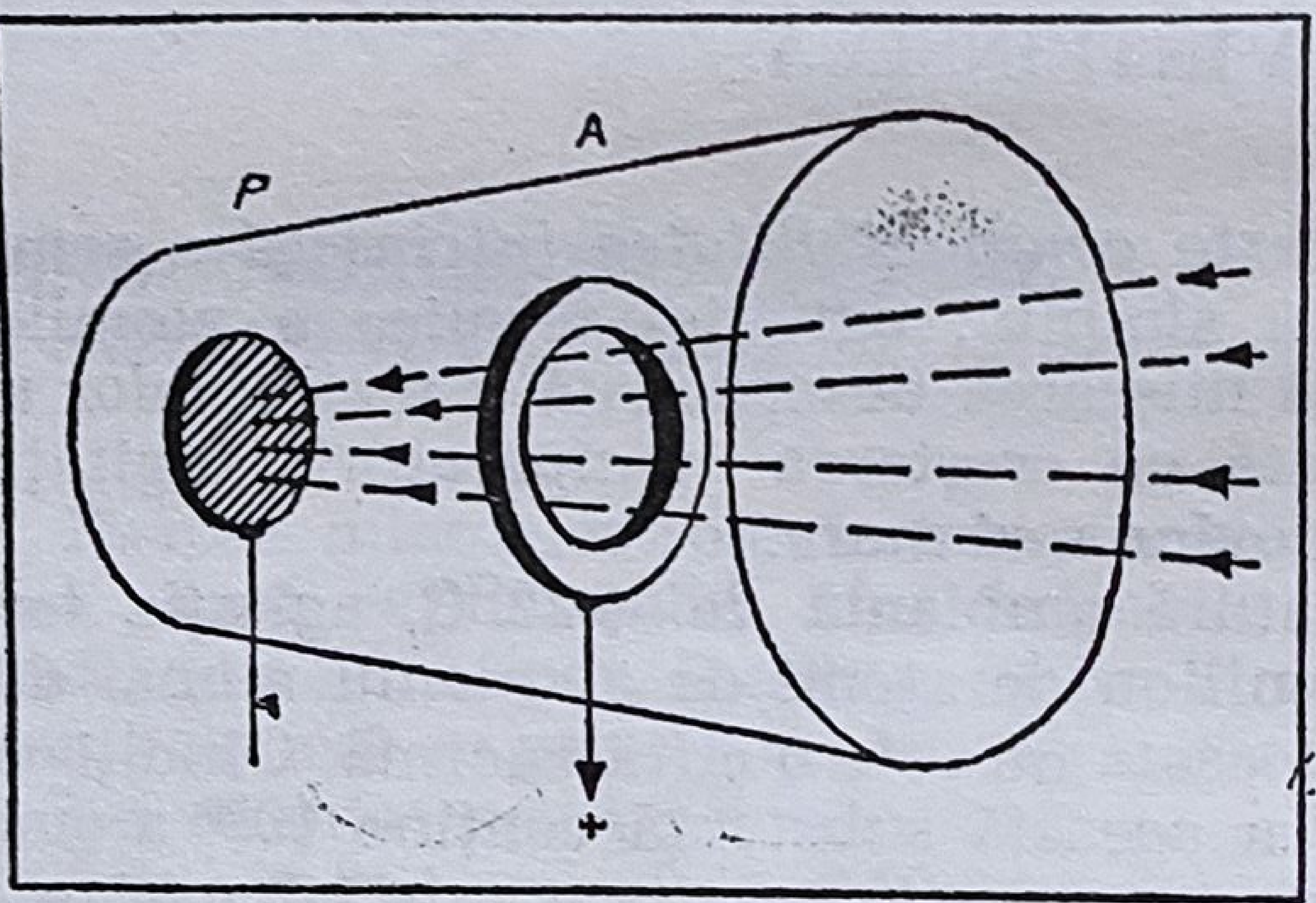
FOTOELECTRICITATEA

Conductibilitatea semiconductoarelor mai poate fi crescută şi prin atacarea atomilor lor cu *fotoni*. Să vedem mai întîi ce este un foton. Foarte simplu. Un grăunte de lumină, căci, con-

form teoriei lui Louis de Broglie, razele luminoase se compun atît din aceste grăunțe de lumină, cît și din unde electromagnetice. Proiectați un fascicol de lumină pe o placă de seleniu și veți constata că rezistivitatea semiconductorului scade. Aceasta se explică în felul următor : fotonii lovesc atomii de seleniu și prin aceasta smulg acestuia electronii periferici pe care-i eliberează de pe orbitele exterioare, fapt ce permite circularea curentului electric.

În acest mod se realizează *celulele fotoconductoare*, care servesc la transformarea variațiilor intensității luminoase în semnale electrice.

Aceste celule au permis atît realizarea primelor dispozitive de transmitere a imaginilor fixe (ca de exemplu *belinograful*, inventat în jurul anilor 1920 de inginerul francez Edouard Belin) cît și a imaginilor mobile din primele emițătoare de televiziune.



Celulă fotoemisivă compusă dintr-un semiconductor fotosensibil P și dintr-un electrod A legat la un potențial pozitiv.

S-a putut realiza apoi, extragerea cu ajutorul fotonilor a electronilor de pe suprafața unor materiale semiconductoare cum ar fi cadmiul. S-au obținut astfel, *celulele emițătoare*. Procedeul este următorul : s-a plasat materialul semiconductor în vid, iar electronii eliberați cu ajutorul bombardamentului de fotoni au fost captați cu ajutorul unui electrod pozitiv, plasat în imediata sa vecinătate. Procedeul reamintește principiul de funcționare al diodei cu vid.

SEMICONDUCTOARE NEGATIVE

Ceea ce este esențial în utilizarea semiconductoarelor nu este nici agitația termică și nici efectul fotoelectric, ci prezența unor *impurități*. Da, Ignotus, tot răul spre bine. O foarte

mică cantitate de substanță străină, de exemplu 1 atom la 10 milioane de atomi ai materialului semiconductor, schimbă complet comportarea acestuia.

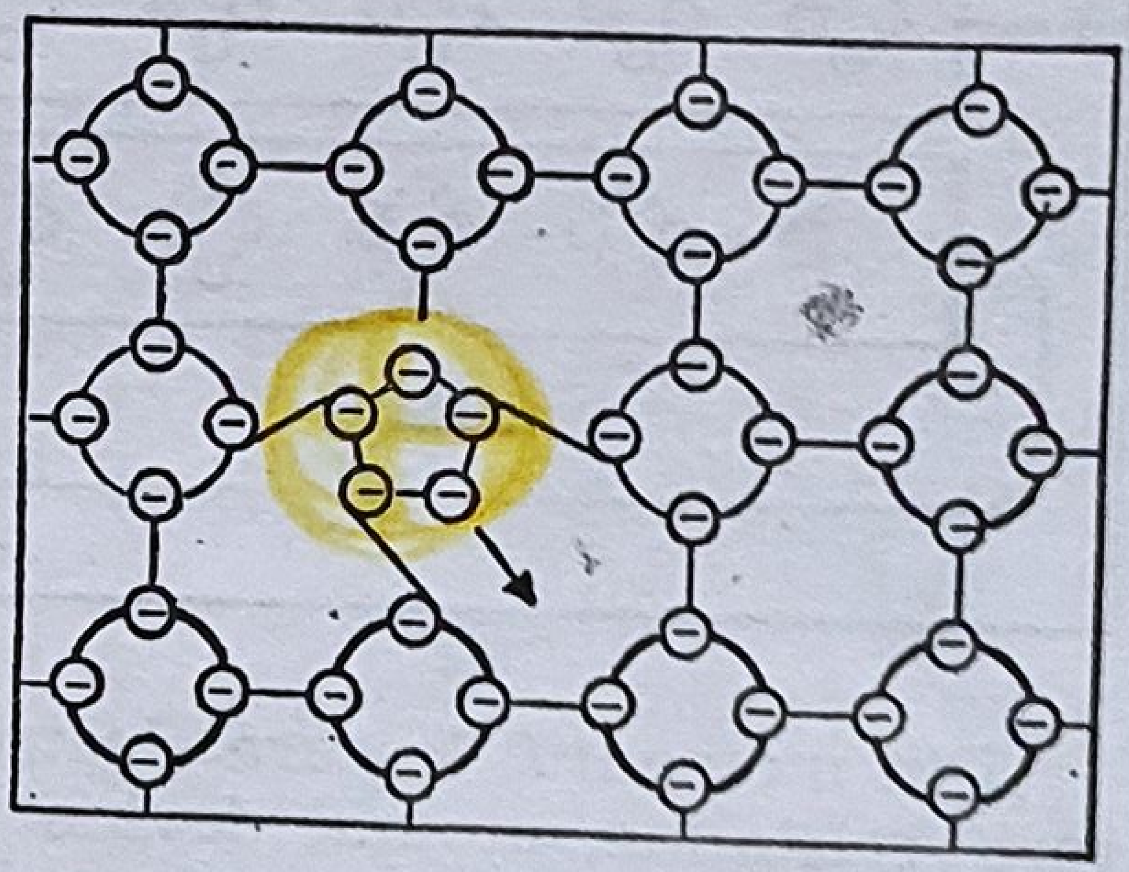
Să luăm cazul impurităților pentavalente, adică a acelor substanțe compuse din atomi care, pe orbita exterioară posedă 5 electroni. Este cazul arseniului și al antimoniului.

Reamintiți-vă structura cristalină a materialelor semiconductoare în care, fiecare din cei 4 electroni de pe orbita exterioară stabilește o legătură stabilă cu atomii vecini. Prezența unui atom străin ce posedă 5 electroni periferici, distruge ordinea perfectă a structurii.

Patru electroni din cei 5 intră în legătură de valență cu atomii vecini. Ce va face însă cel de-al cincilea ? Ei bine, acesta devine liber. Atomul său este considerat un *atom donor*. Iar semiconductorul este considerat semiconductor de *tip n*, adică negativ.

Dacă unui astfel de semiconductor i se va aplica o diferență de potențial, electronii liberi vor fi atrași de potențialul pozitiv, semiconductorul va fi traversat de un curent electric alimentat de potențialul negativ care va furniza electronii necesari circulării curentului.

Faptul cel mai curios este acela, că în semiconductorul negativ atomii impurităților devin pozitivi. Prin plecarea celui de



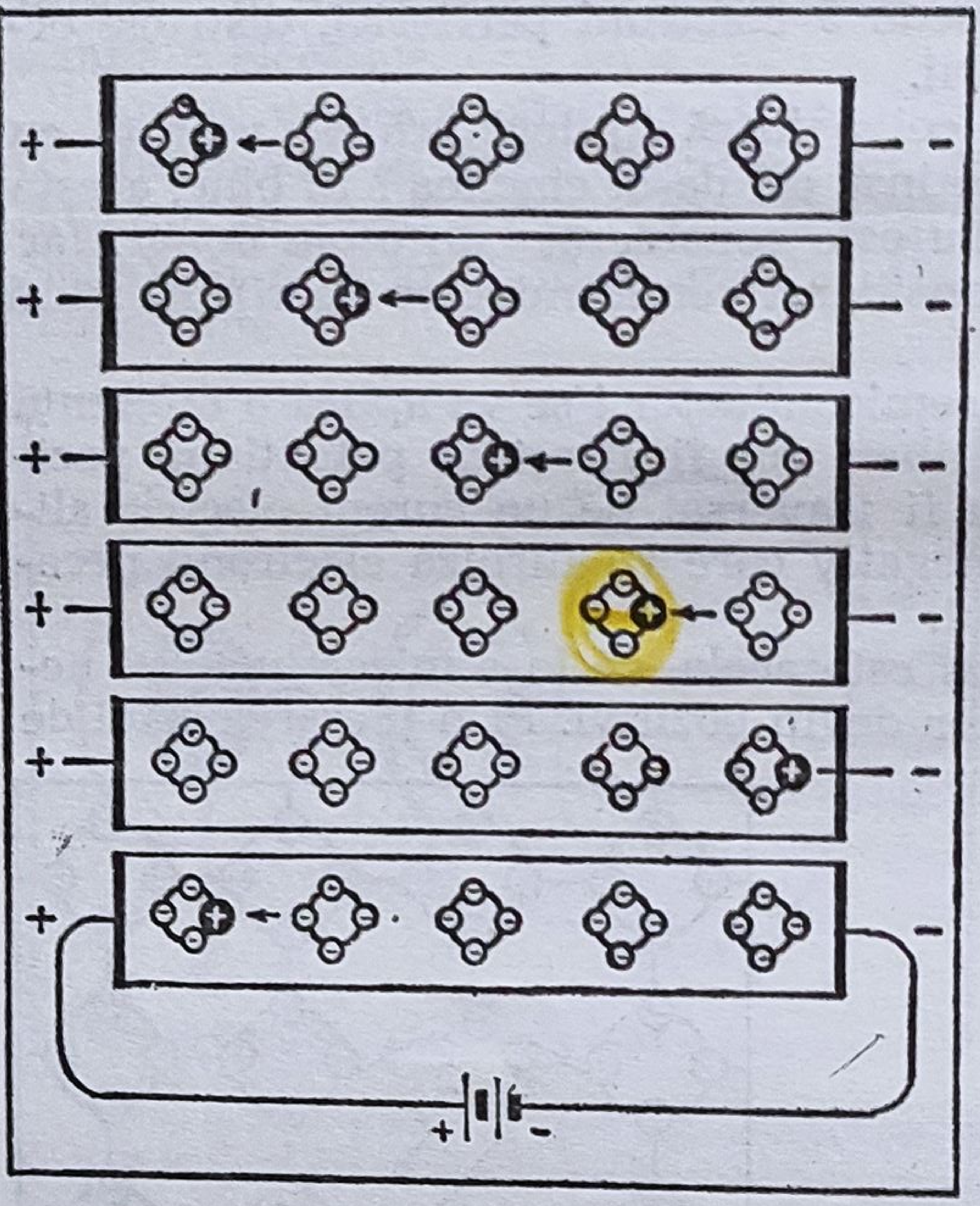
În structura cristalină a atomilor cu patru electroni periferici se observă un atom străin cu 5 electroni periferici.

al cincilea electron periferic, neutralitatea proprie atomului se distruge, ceea ce pozitivează atomul. Pierderea electronului face ca atomul respectiv să încerce să atragă un alt electron.

SEMICONDUCTOARE POZITIVE

Să vedem acum ce se întîmplă în cazul în care într-un material semiconductor se introduc impurități trivalente, cum ar fi impurificarea cu aluminiu, indiu sau galiu, substanțe care, pe orbita exterioară nu posedă decît trei electroni.

Un astfel de atom, plasat într-o reţea cristalină de atomi care posedă pe orbita exterioară numai 4 electroni periferici, stabileşte legături de valenţă numai cu 3 electroni învecinaţi. Cel de al patrulea electron al materialului tetravalent (siliciu sau germaniu) doreşte şi el să intre în legătură cu un atom, pentru a menţine structura normală a cristalului. Din această cauză, atomul este dispus să cedeze acest electron structurii cristaline.



Într-un semiconductor pozitiv un „gol" al unei impurităţi trivalente este compensat de un electron ce se deplasează dinspre polul negativ; acesta va crea la rîndul său un nou „gol" în atomul de unde a plecat şi aşa mai departe. Figura indică fazele succesive de deplasare ale electronilor care se îndreaptă spre polul pozitiv şi ale „golurilor" care se deplasează spre polul negativ. În ultima fază, un electron ce provine din sursa de curent umple „golul" din apropierea polului negativ; în acelaşi timp, un electron părăseşte atomul cel mai apropiat de polul pozitiv creind astfel un nou „gol". Şi tot fenomenul reîncepe.

Din momentul în care electronul respectiv este cedat structurii cristaline, atomul devine pozitiv, deoarece absenţa electronului în cauză, devine un gol. Prin dezechilibrul creiat, atomul va căuta să atragă un alt electron de la un atom vecin.

De fapt, toată această deplasare de electroni se produce numai în momentul în care la capetele semiconductorului se aplică o diferenţă de potenţial. În acest moment, golul unui atom trivalent este ocupat de un electron ce vine din direcţia din care se aplică potenţialul negativ, în aşa fel, încît prin aceasta, electronul se apropie de electrodul căruia i se aplică potenţialul pozitiv. Însă, prin deplasarea electronului, acesta trecînd de la un atom la altul, el lasă în urma lui un alt gol, care se apropie de electrodul negativ. Astfel încît prin această

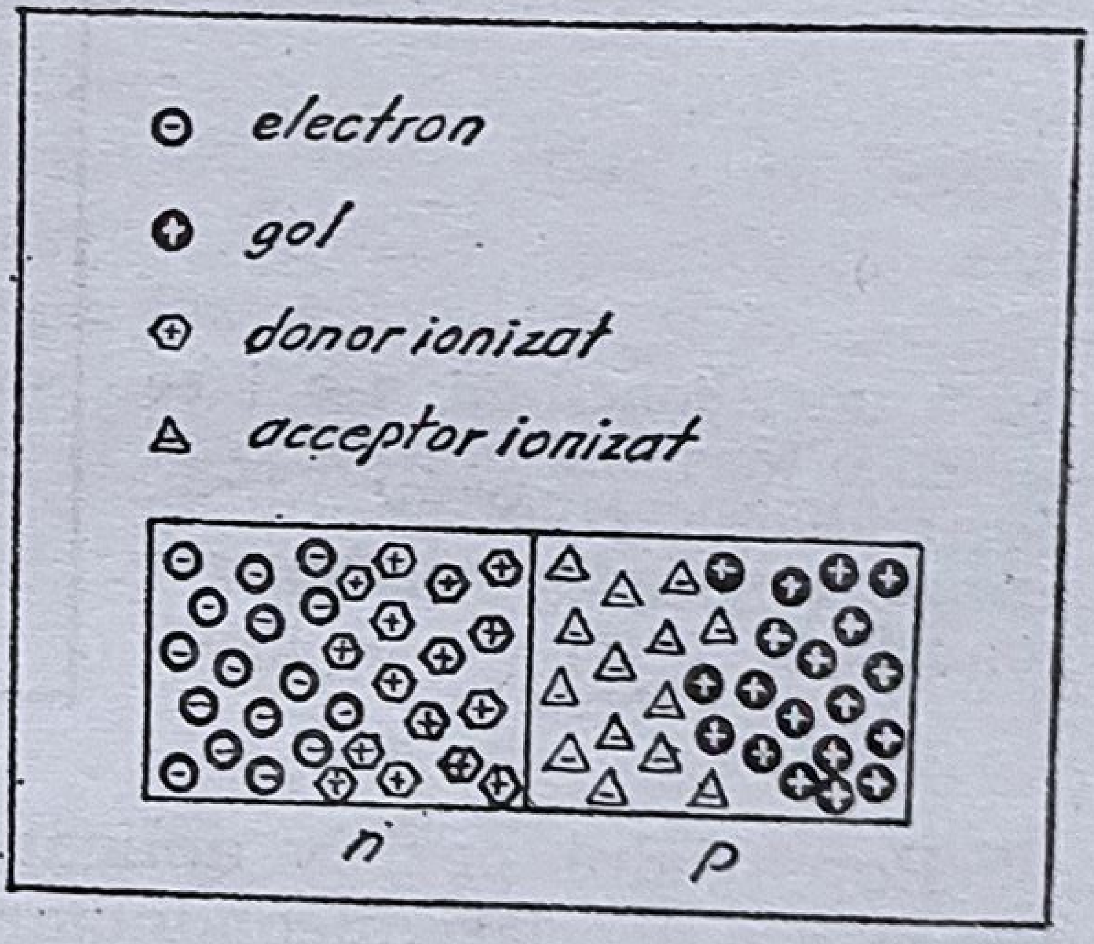
deplasare a electronilor spre electrodul pozitiv, golurile se apropie de electrodul negativ. Şi aşa mai departe.

Vedeţi deci, că graţie acestor impurităţi trivalente, golurile, adică sarcinile pozitive, se deplasează dinspre extremitatea pozitivă spre cea negativă, în timp ce electronii se deplasează în sens contrar.

Un astfel de semiconductor este un semiconductor de *tip p* (pozitiv). Şi, fenomen tot atît de paradoxal ca în cazul semiconductorului de tip *n*, atomii impurităţilor trivalente devin ioni negativi, în cazul în care un electron suplimentar se ataşează orbitei lor exterioare. Spre deosebire de atomii donori de impurităţi pentavalente, aceşti atomi sînt consideraţi ca atomi *acceptori*.

JONCŢIUNEA pn

Să vedem acum ce se va întîmpla în cazul în care vom uni două semiconductoare de tipuri opuse.



Joncţiune între semiconductoare de tip *n* şi *p*. Observaţi densitatea mărită a atomilor ionizaţi în apropierea joncţiunii, atomi ce resping golurile şi electronii.

Va modifica joncţiunea *n-p* repartiţia sarcinilor în interiorul semiconductoarelor astfel sudate ?

Veţi ghici că atomii donori din semiconductorul *n*, fiind ionizaţi pozitiv, vor atrage atomii acceptori din semiconductorul de tip *p* care, la rîndul lor sînt ionizaţi negativ. Astfel încît, în imediata vecinătate a joncţiunii densitatea atomilor ionizaţi va creşte considerabil de ambele părţi.

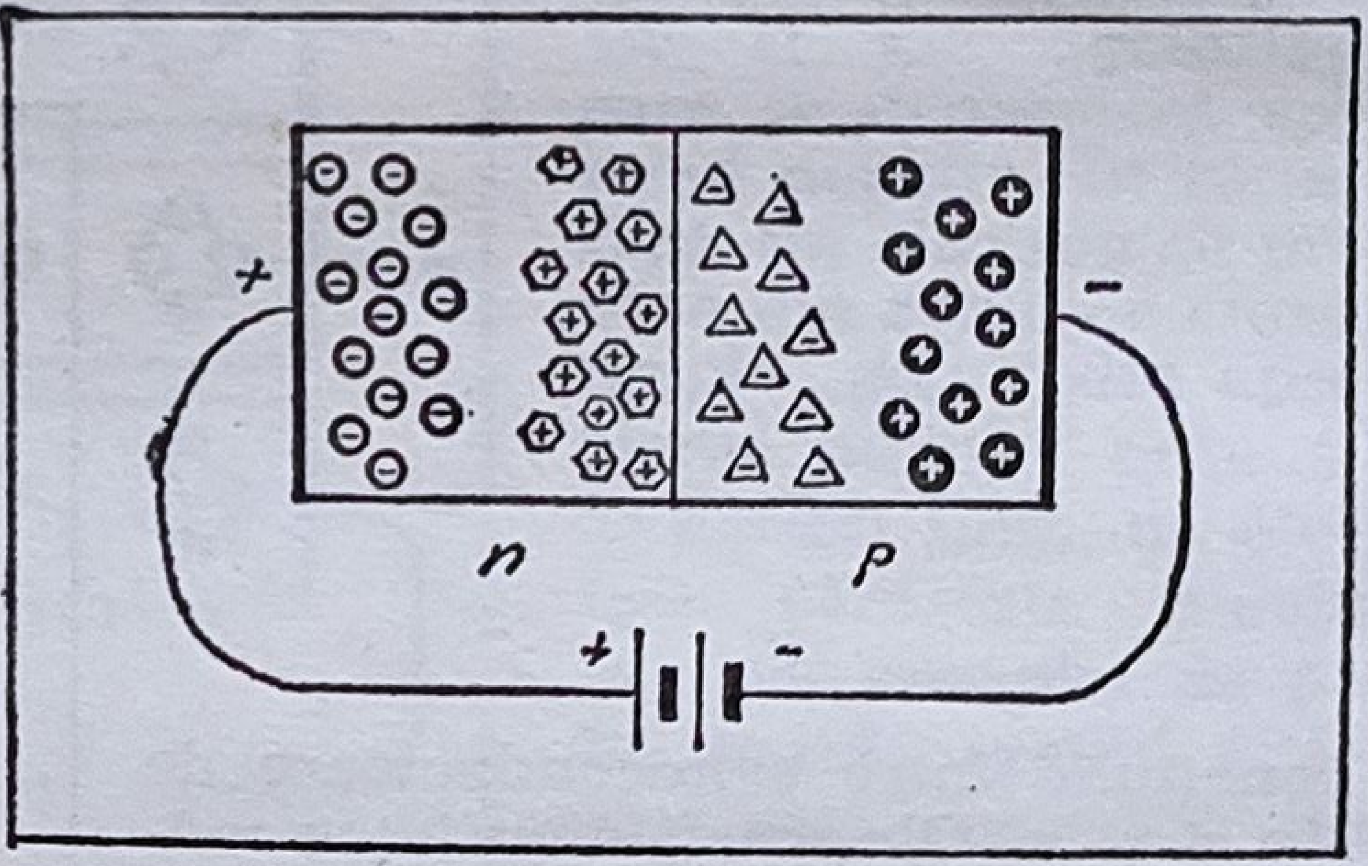
Dar dacă sarcinile de polarităţi opuse se atrag reciproc, sarcinile de aceeaşi polaritate se resping. În consecinţă, ionii pozitivi din semiconductorul *n* veniţi aproape de joncţiune vor respinge atomii ionizaţi pozitiv (golurile) din semiconducto-

rul *p*, aflaţi în imediata vecinătate a joncţiunii. În ceea ce priveşte ionii negativi din semiconductorul *p*, veniţi spre joncţiune vor respinge electronii liberi din porţiunea *n*.

Constataţi deci, că prin unirea prin joncţiune a celor două tipuri *n* şi *p*, aceasta a provocat în interiorul fiecărui tip de semiconductor o deplasare a electronilor liberi, fără ca prin aceasta să se modifice sarcina electrică totală, care rămîne neutră. De fapt, atît în semiconductorul de tip *n* cît şi în cel de tip *p* sarcinile pozitive sînt egale cantitativ cu sarcinile negative.

TENSIUNEA ELECTRICĂ A POLARITĂŢILOR OPUSE

Vom aplica acum acestui ansamblu de semiconductoare (acestei joncţiuni) o diferenţă de potenţial furnizată de o sursă electrică. Vom conecta polul pozitiv al acestei extremităţii semiconductorul de tip *n* şi polul negativ, extremităţi de tip *p*. Ce se va întîmpla ?



Dacă unei joncţiuni *n-p* i se aplică o tensiune inversă celei de conducţie, polul pozitiv va atrage electronii, cel negativ golurile şi curentul nu poate trece.

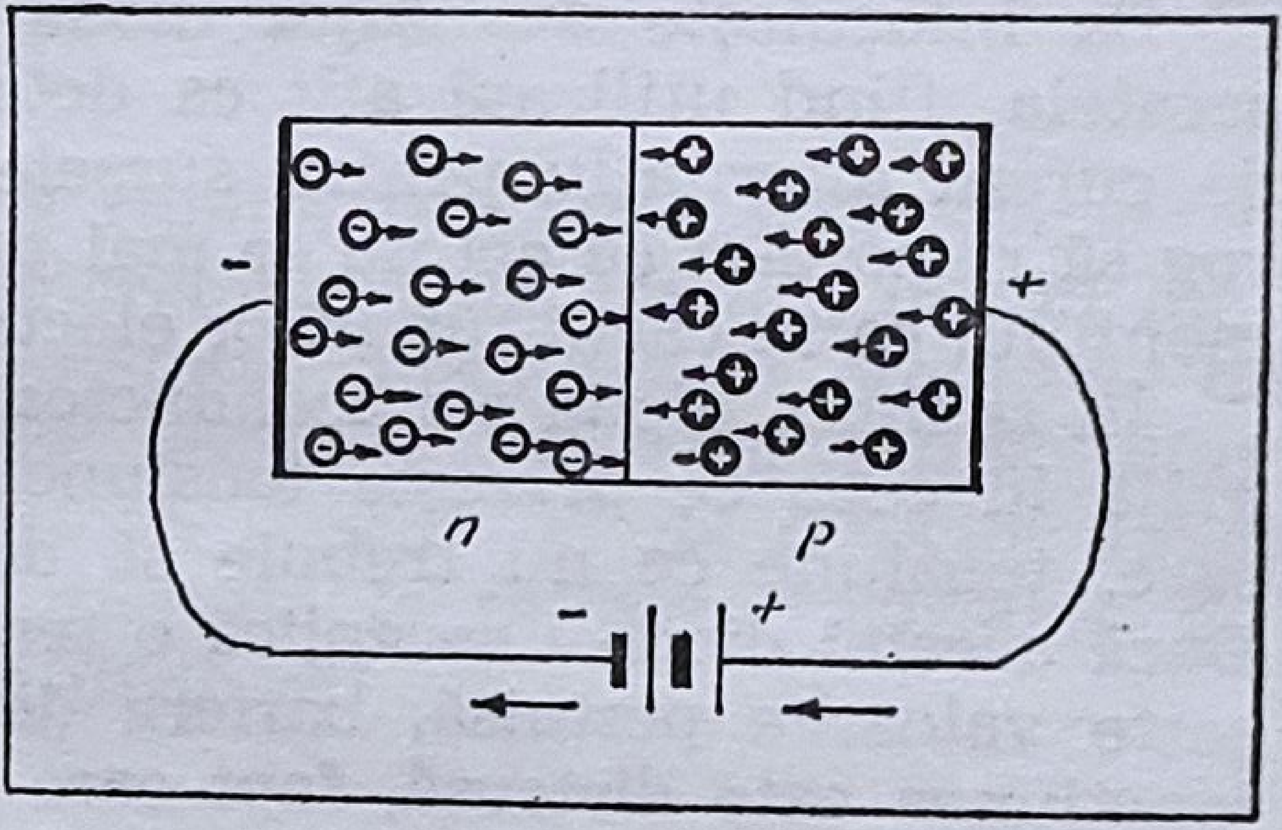
Potenţialul pozitiv aplicat porţiunii *n* va atrage electronii liberi din acest semiconductor, aceştia fiind deja în surplus în această extremitate ; pe de altă parte, el va respinge ionii pozitivi împingîndu-i mai mult spre joncţiune.

În ceea ce priveşte potenţialul negativ, aplicat extremităţii *p*, acesta va atrage atomii „goluri" pozitivi care erau denşi în această parte ; din acelaş motiv, el va respinge electronii pe care îi va dirija spre joncţiune.

Şi în această situaţie se vede clar că prin joncţiune nu va trece nici un fel de curent, aplicarea unui potenţial ca cel de mai sus, nu va avea ca rezultat decît faptul măririi densităţii repartiţiei atomilor ionizaţi, adică a atomilor „goluri" şi a electronilor liberi.

APLICAREA UNOR TENSIUNI CORESPUNZĂTOARE

Să vedem acum ce se întîmplă dacă schimbăm polaritățile tensiunilor aplicate joncțiunii. La extremitatea fiecărui semiconductor se va aplica o tensiune corespunzătoare tipului respectiv, adică la extremitatea semiconductorului de tip *p* se va aplica un potențial pozitiv, iar la extremitatea semiconductorului de tip *n* se va aplica un potențial negativ.



Joncțiune *n-p* polarizată în sensul conducției (direct). Polul negativ este legat la semiconductorul de tip *n*, iar cel pozitiv la semiconductorul *p*.

Potențialul negativ va respinge electronii liberi ai semiconductorului de tip *n* spre joncțiune, pe care aceștia o vor traversa foarte ușor fiind atrași de potențialul pozitiv aplicat semiconductorului de tip *p*. Acest potențial, la rîndul său, va respinge golurile care se vor îndrepta spre joncțiune și pe care o vor traversa ușor fiind atrase de potențialul negativ aplicat semiconductorului *n*.

Dacă în continuare veți dori o explicație mai completă, vă voi răspunde că polul pozitiv va atrage și va absorbi un electron liber din extremitatea *p*, ori de cîte ori un astfel de electron va trece prin joncțiunea *n-p* dintre cele două semiconductoare. Golul creiat prin pierderea electronului va fi imediat completat printr-un alt electron provenit de la un atom din vecinătatea joncțiunii. Golul creiat prin plecarea acestui electron va fi completat la rîndul său printr-un electron provenit de la un alt atom, și așa mai departe. Numai această trecere a electronilor de la un atom la altul și deci deplasarea virtuală în sens opus a golurilor, explică trecerea golurilor din semiconductorul de tip *p* prin joncțiune spre semiconductorul de tip *n*. În același timp electronii realizează aceiași traversare însă în sens opus.

DIODA SEMICONDUCTOARE

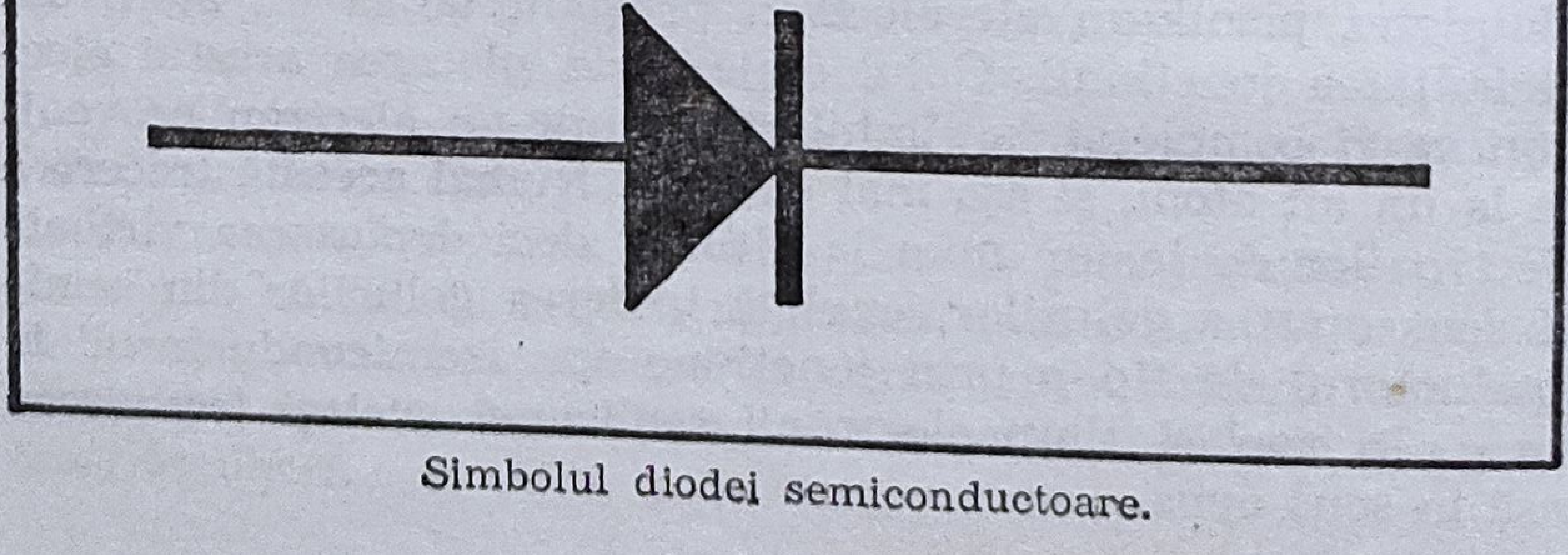
Din cele explicate mai sus, se vede clar că joncţiunea *n-p* lasă curentul electric să treacă uşor într-un sens, în schimb se opune trecerii acestuia în sens opus. Cu alte cuvinte, joncţiunea realizată între două semiconductoare, unul de tip *p*, iar celălalt de tip *n* constituie un releu electric analog ca funcţionare cu dioda cu vid. Iată dece joncţiunea *n-p* este denumită *diodă semiconductoare*.

Ea înlocuieşte avantajos dioda cu vid în toate utilizările acesteia, fiind utilizată atît ca detectoare, cît şi ca redresoare de curent alternativ pentru sursele de alimentare. În plus, vă rog să remarcaţi că aci nu se mai pune problema încălzirii filamentului ca în cazul tuburilor electronice.

În schimb, dioda semiconductoare trebuie utilizată cu mare grijă în ceea ce priveşte tensiunea aplicată în sensul de blocare, tensiune ce nu trebuie să depăşească o anumită limită. Dacă acestei diode i se aplică o tensiune de blocare care depăşeşte valoarea permisă, bariera de potenţial pe care o opune joncţiunea este distrusă, fapt care duce la circularea unui curent de intensitate mare, în sensul care în mod normal este interzis conducţiei.

Acest fenomen a fost studiat de un cercetător numit Zener. Iată dece tensiunea limită ce nu trebuie depăşită îi poartă numele. Se înţelege că dacă veţi utiliza dioda semiconductoare ca redresoare de curent alternativ, tensiunea alternativă nu trebuie să depăşească *tensiunea Zener*.

Deoarece pînă aci v-am expus noţiunile fundamentale relative la materialele semiconductoare şi mai ales comportarea joncţiunii *n-p*, cred dragă Curiosus, că vei putea explica uşor lui Ignotus, principiul şi utilizarea tranzistoarelor.



Simbolul diodei semiconductoare.

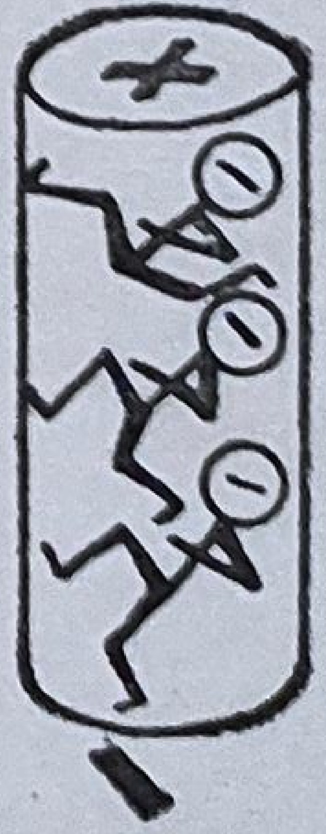
Convorbirea a 10-a

Tranzistorul

În acest capitol se expun noțiunile de bază asupra tranzistoarelor : structura lor, modul lor de alimentare, circulația curenților în circuitele de intrare și de ieșire, sechema generală a unui etaj amplificator, variația curentului de colector funcție de tensiunile aplicate la intrare, rezistența de intrare și puterea disipată.

IMOBILITATEA ATOMILOR

IGNOTUS : Structura acestor semiconductoare mi se pare curios de complexă, datorită impurităților trivalente și pentavalente ce formează porțiunea pozitivă și cea negativă a joncțiunii *p-n*. Trebuie în orice caz, să ținem seama de atomii de impurități ionizați pozitiv și negativ, de atomii semiconductorului care, pierzînd un electron devin „goluri" pozitive și în sfîrșit, de electronii liberi. În momentul aplicării unei tensiuni care va avea ca rezultat trecerea unui curent electric, există o mișcare foarte complicată a tuturor particulelor enumerate mai sus.



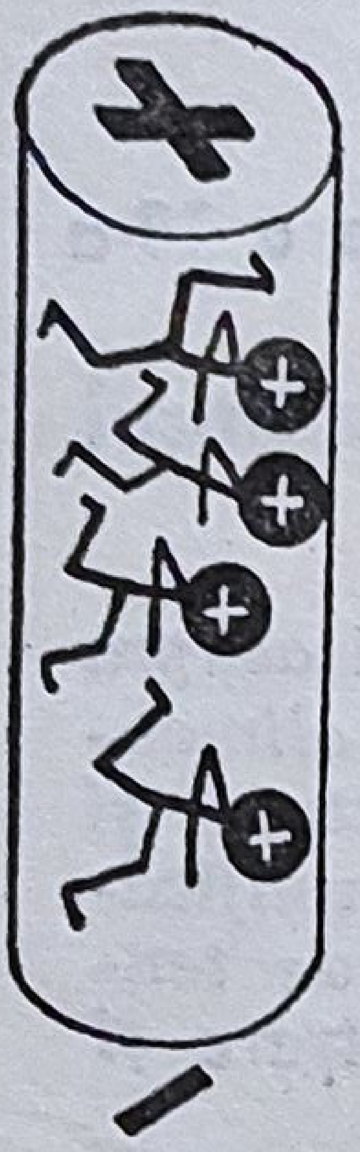
CURIOSUS : Nu te speria, dragul meu prieten. În realitate, trecerea curentului electric nu are ca rezultat deplasarea atomilor. În mișcare se pun numai electronii, fenomen identic ca la materialele conductoare.

Nu uita că atomii semiconductoarelor noastre constituie rețele cristaline și prin aceasta sînt foarte bine fixați pe locurile lor.

IGNOTUS : În acest caz nu pricep ceea ce ne-a explicat unchiul tău cînd ne-a prezentat cum în joncțiunile *p-n* densitatea atomilor ionizați acceptori și donori se modifică funcție

de apropierea sau depărtarea acestora de joncţiune. Cum pot varia aceste densităţi dacă atomii nu se pot mişca ?

CURIOSUS : Foarte simplu, datorită deplasării electronilor care părăsesc un număr mai mare sau mai mic de donori, electroni care se vor plasa pe orbita periferică a acceptorilor, care la rîndul lor ocupă un loc în altă parte.



Cînd vorbim de un „gol“, adică de un atom devenit pozitiv din cauza pierderii unui electron periferic şi care se deplasează de la polul pozitiv spre polul negativ, nu este vorba, în realitate de mişcarea atomului, ci de o serie de treceri de electroni de la un atom la altul vecin, dar situat mai aproape de podul pozitiv. Astfel, „golul“ ia naştere la un atom, apoi la atomul vecin mai apropiat de polul negativ, apoi la altul plasat şi mai aproape de sursa negativă, mişcîndu-se astfel din atom în atom pînă ce atinge această sursă.

IGNOTUS : Încep să înţeleg. De fapt, se deplasează numai electronii. Din cauza mişcării lor, variază şi sarcinile anumitor atomi care încetează să mai fie neutri, devenind pozitivi în cazul în care pierd un electron sau negativi în cazul în care cîştigă unul.

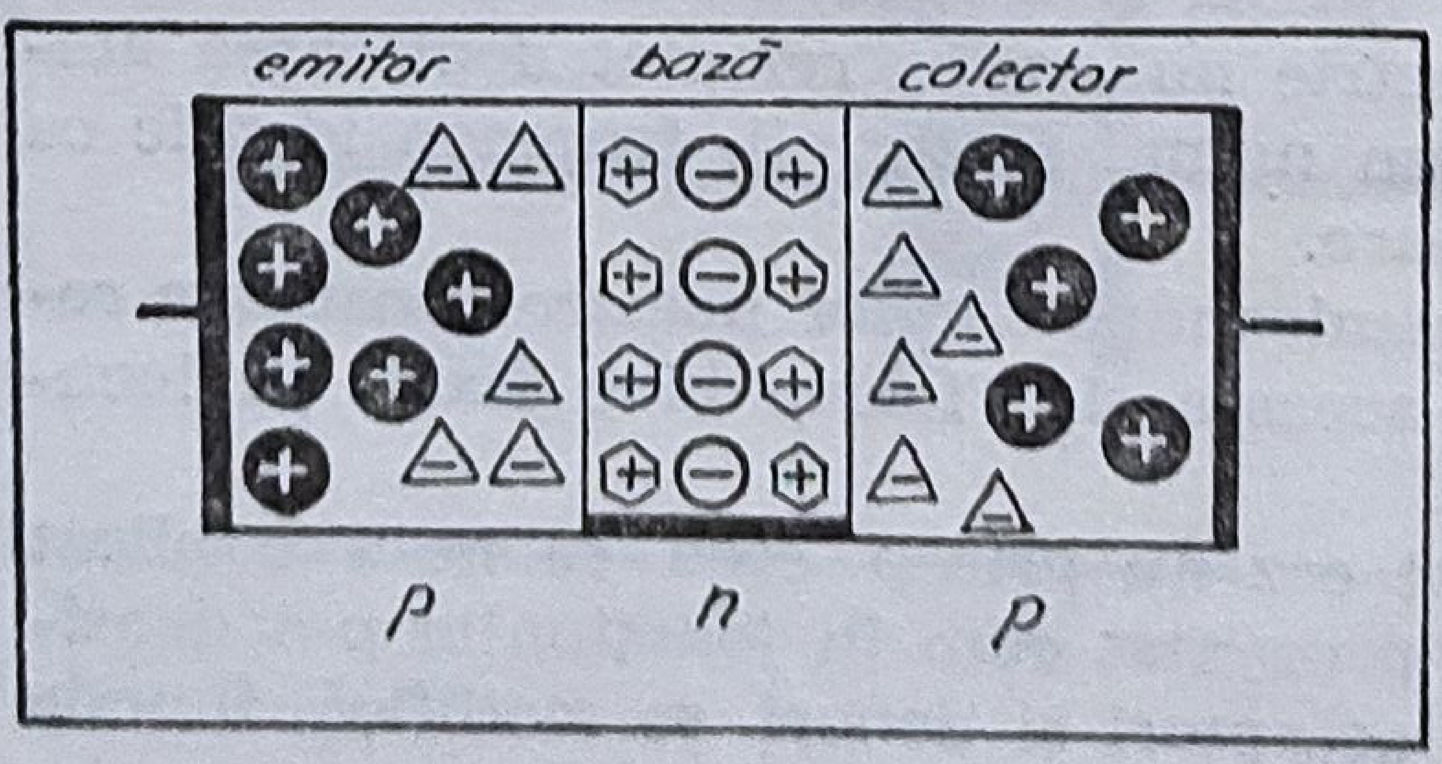
JONCŢIUNE + JONCŢIUNE = TRANZISTOR



CURIOSUS : Sînt foarte satisfăcut că în sfîrşit ai înţeles corect ceea ce se petrece într-o joncţiune. Acest fapt îmi permite să cuplez acum două joncţiuni şi astfel să realizez un tranzistor.

IGNOTUS : Nu prea văd cum cuplezi tu două perechi, fiecare pereche formînd de fapt, o joncţiune.

CURIOSUS : Ei bine, să luăm două joncţiuni de sens opus, de exemplu o joncţiune *p-n* şi una *n-p*, pe care le vom uni în aşa fel încît porţiunea *n* să fie comună ambelor joncţiuni. Vom



Repartiţia electronilor, golurilor şi atomilor ionizaţi în cele trei porţiuni ale tranzistorului înainte de aplicarea tensiunii la bornele acestuia.

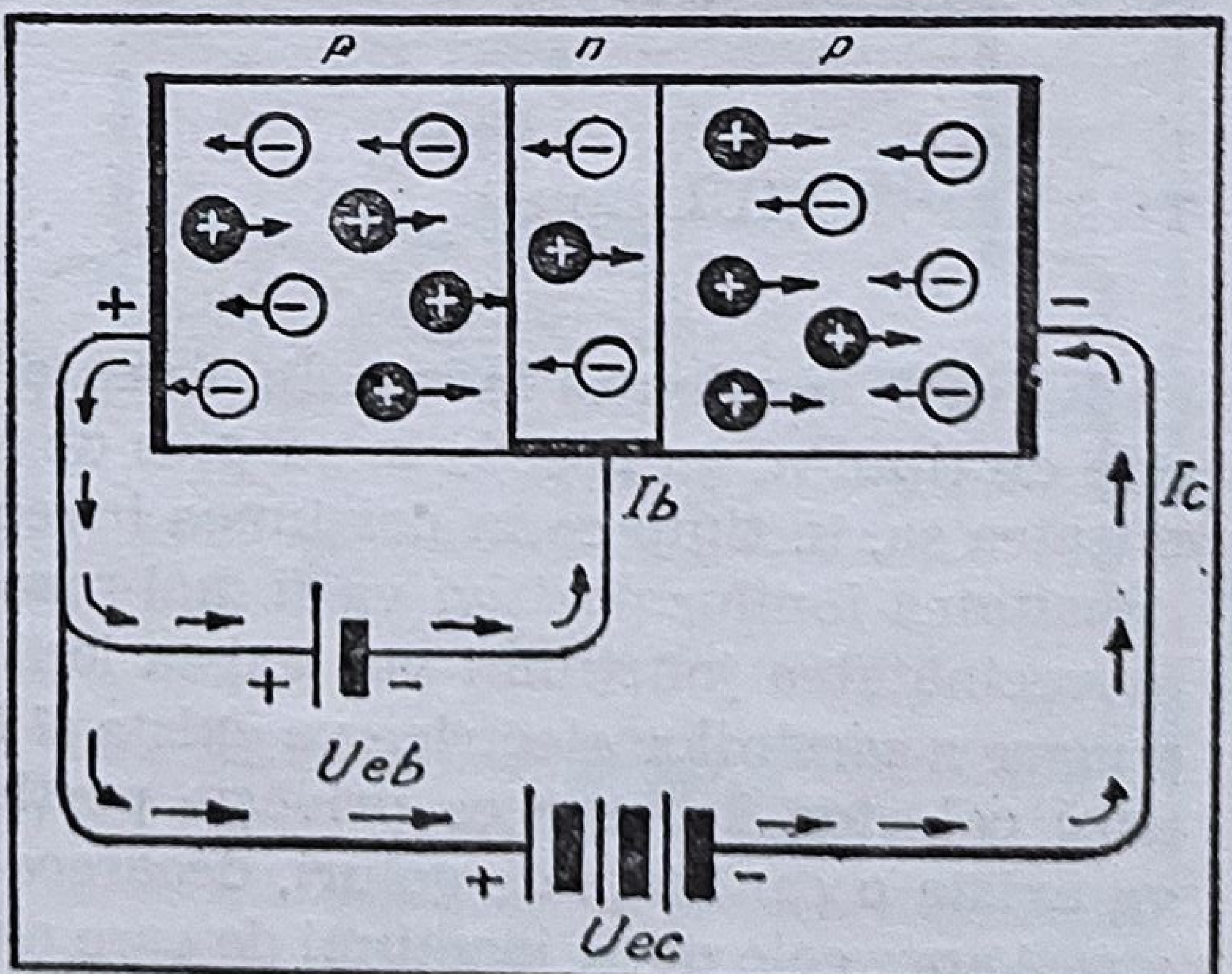
obține astfel un tranzistor de tipul *pnp*. Porțiunea din mijloc, în cazul nostru porțiunea *n*, trebuie să fie foarte subțire. Ea poartă numele de *bază*. Una din extremitățile *p* se numește *emitor*, cealaltă *colector*.

IGNOTUS : Numele alese sînt foarte frumoase, dar după mine nu seamănă a nimic ! Tranzistorul tău constituie un obstacol perfect trecerii oricărui curent. Ai plasat două diode în sens opus. Fiecare din acestea nu lasă să treacă curentul electric decît într-un singur sens. Dar fiind dispuse conform dorinței tale, dacă una lasă curentul să treacă, în schimb cealaltă îl blochează. Vei putea aplica deci, între emitor și colector fie o diferență de potențial negativ-pozitivă sau invers, prin tranzistor, oricum, nu va trece nici un fel de curent.

TRANZISTORUL pnp

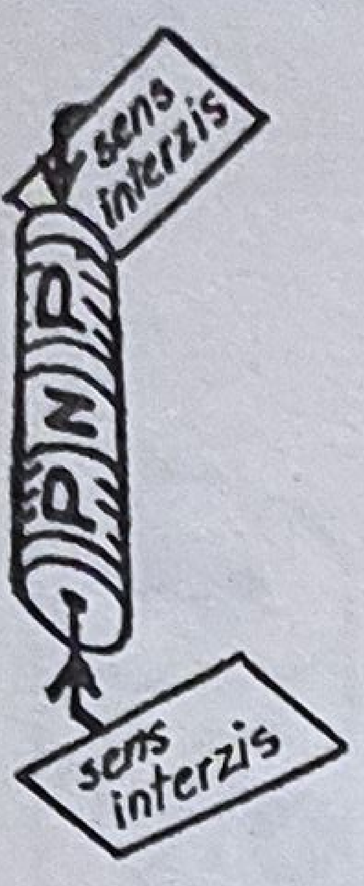
CURIOSUS : Sînt cu totul de acord. Dar hai să vedem acum cum se petrec lucrurile dacă între emitor și bază se aplică o tensiune.

Să conectăm o baterie de cîțiva volți între emitor și colector, legînd borna pozitivă la emitor și cea negativă la colector. Conectăm acum o altă baterie de tensiune și mai mică, între emitorul pus la plus și bază legată la minus. Ce se va întîmpla acum, dragă Ignotus ?



Deplasarea purtătorilor de sarcină într-un tranzistor pnp, polarizat în sensul trecerii curenților.

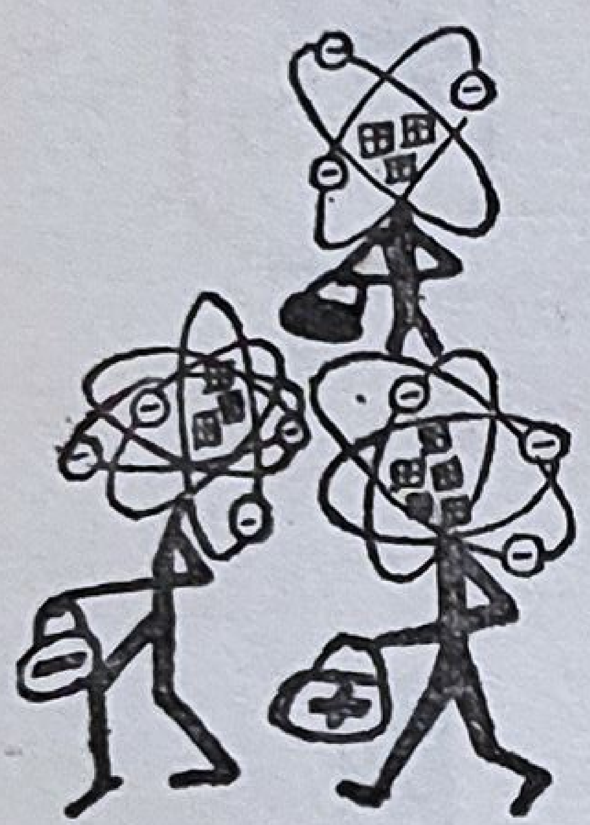
IGNOTUS : Foarte simplu. Curentul va trece dinspre emitor spre bază, deoarece cea de a doua baterie este conectată



în sensul direct de conducție al joncțiunii emitor bază, astfel încît electronii vor putea traversa joncțiunea *p-n*. În acest caz, însă, nu văd la ce ar putea servi bateria conectată între emitor și colector.

CURIOSUS : Baza fiind polarizată negativ, va atrage efectiv din emitor un număr considerabil de goluri pozitive. O mică parte din aceste goluri va trece spre polul negativ al bateriei conectate între emitor și bază, electronii circulînd în sens contrar. Acesta este curentul foarte slab ce circulă între emitor și bază, fiind notat I_b și denumit curent de bază.

Să ne amintim însă, că baza este foarte subțire, astfel încît majoritatea golurilor pozitive care au pătruns aci venind din emitor își vor continua drumul și vor intra în colector. Acesta fiind polarizat negativ, nu va avea decît să atragă golurile pozitive.



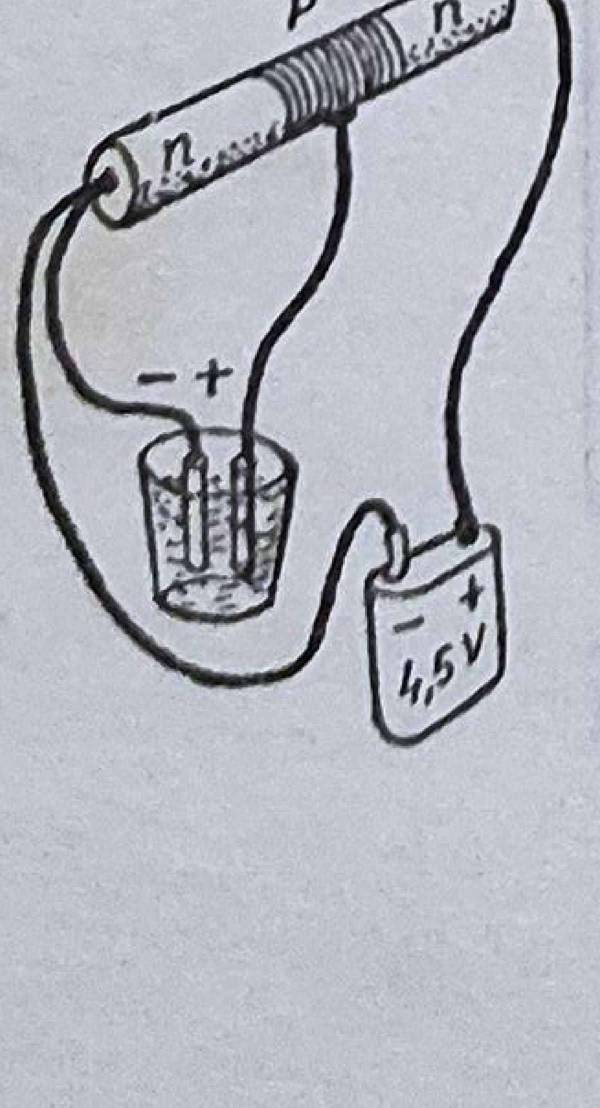
IGNOTUS : De abia acum înțeleg că, datorită curentului foarte slab ce circulă între emitor și bază, ia naștere odată cu acesta un curent mult mai intens ce va circula dinspre emitor, prin bază, spre colector.

CURIOSUS : Ceea ce spui este foarte adevărat. Într-adevăr curentul de bază este în general de ordinul zecimilor sau sutimilor de microamperi, în timp ce curentul de colector, I_c, este de ordinul miliamperilor sau chiar zecilor de miliamperi. La tranzistoarele de putere el este mult mai mare.

Dar înainte de a examina acești parametri numerici, aș vrea să știu dacă ai putea tu singur să analizezi funcționarea unui tranzistor *npn*, care conform structurii sale posedă polarități inverse tranzistorului *pnp* studiat mai sus.

TRANZISTORUL npn

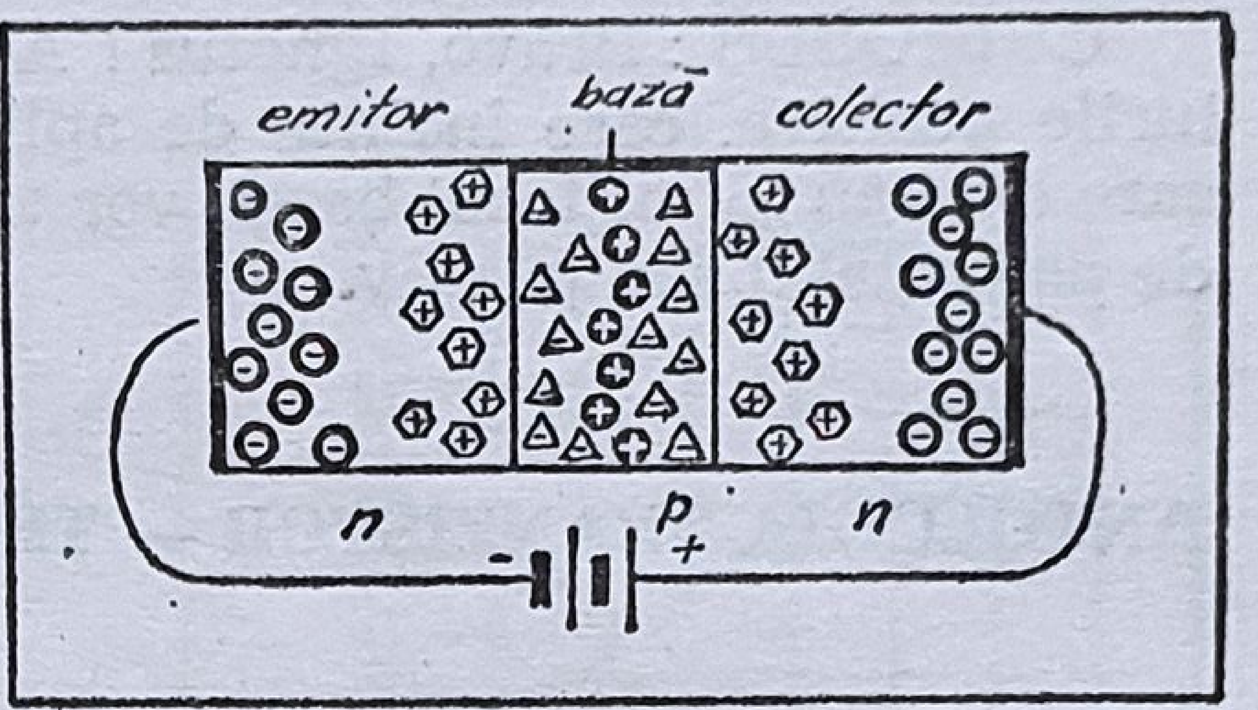
IGNOTUS : Am să încerc. În absența tensiunii, emitorul care este de tipul *n*, va poseda în surplus de electroni liberi la extremitatea sa, în timp ce în porțiunea învecinată joncțiunii cu baza densitatea ionilor pozitivi va fi mai mare. Prin aceasta, în bază, în vecinătatea joncțiunii vor exista ioni negativi. O aceiași dispunere a sarcinilor electrice va exista și în vecinătatea joncțiunii bază colector. În ceea ce privește porțiunea din mijlocul bazei va exista o cantitate de goluri, deoarece electronii liberi au fost atrași spre cele două joncțiuni de care am vorbit.



CURIOSUS : Tot ceea ce ai spus pînă acum este perfect exact. Văd că ai înțeles destul de bine repartiția diverselor sarcini electrice în vecinătatea joncțiunilor. Fă-mi acum plăcerea

de a aplica tensiunile necesare polarizării celor trei elemente ale tranzistorului.

IGNOTUS : Voi conecta o baterie cu polul negativ la emitor şi cu polul pozitiv la colector. Apoi voi aplica o tensiune

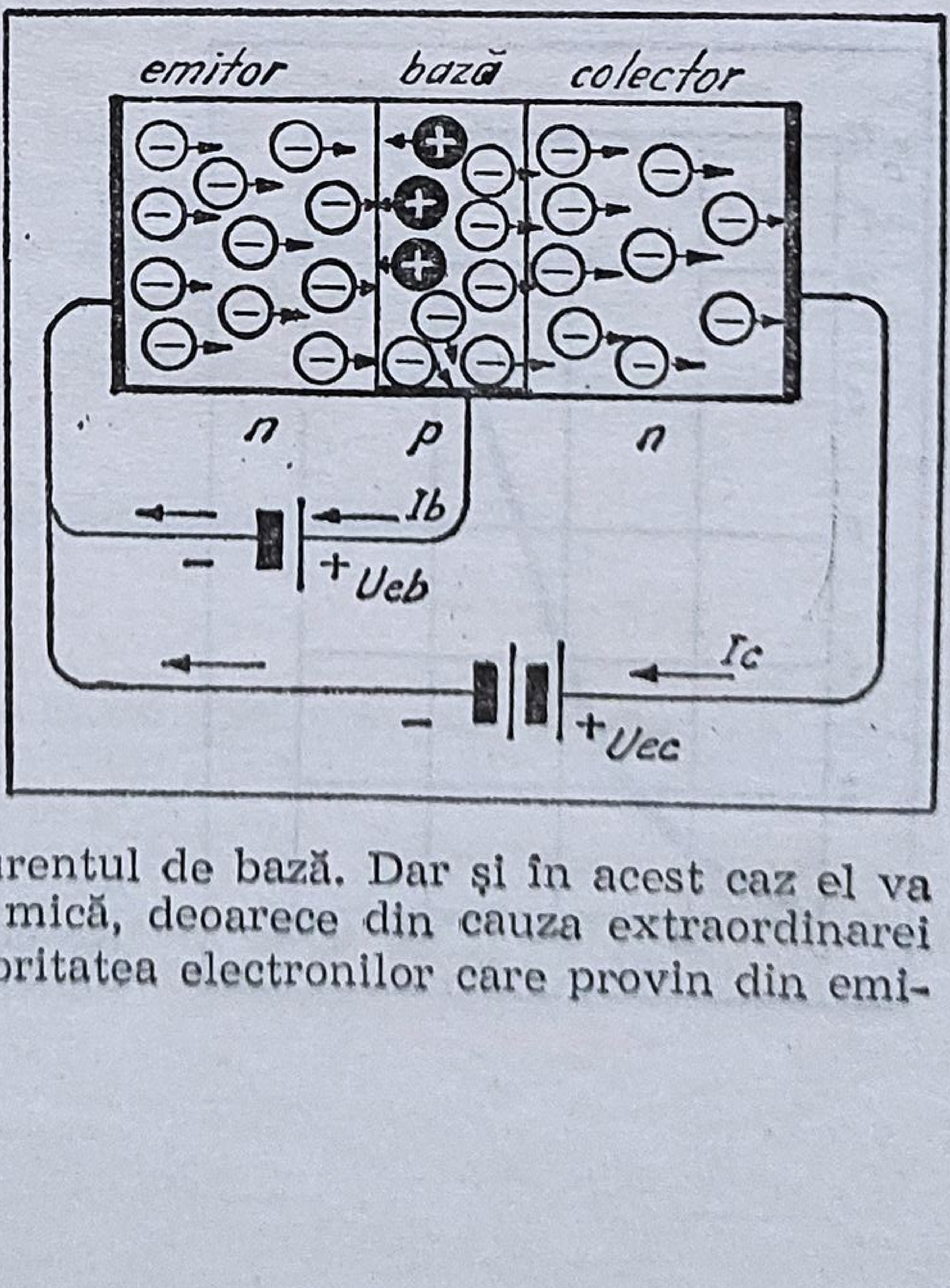


Tranzistor *npn*.

mult mai mică între emitor şi bază, cu polul pozitiv conectat la bază, pozitivînd-o astfel faţă de emitor.

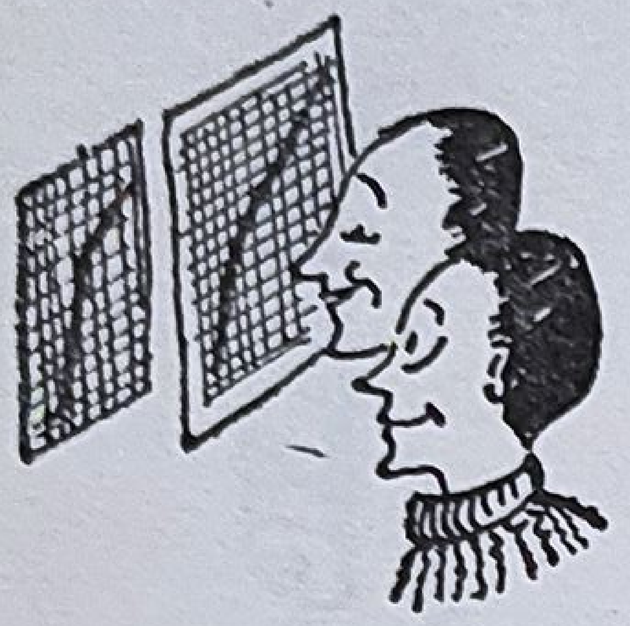
CURIOSUS : Ce se va întîmpla acum ?

IGNOTUS : Şi de această dată tensiunea aplicată este în sensul realizării conducţiei între emitor şi bază. Din acest moment electronii liberi vor trece repede din emitor în bază. O anumită cantitate din aceştia va trece spre polul pozitiv al bateriei conectate între emitor şi bază, o va traversa şi va reveni din nou spre emitor.



Prin atragerea electronilor din emitor spre bază, tensiunea de polarizare U_{eb} le deschide acestora drumul spre colector.

Acesta va forma curentul de bază. Dar şi în acest caz el va avea o valoare foarte mică, deoarece din cauza extraordinarei subţirimi a bazei, majoritatea electronilor care provin din emi-



tor vor traversa cea de a doua joncţiune, cu atît mai mult cu cît ei vor fi atraşi de potenţialul pozitiv aplicat colectorului. Electronii din bază vcr intra deci, în colector şi se vor îndrepta spre polul pozitiv al bateriei U_{ec} pe care o vor traversa revenind în final spre emitor.

CURIOSUS : Bravo, Ignotus ! Ai fi putut adăuga însă că golurile pozitive, care înainte de aplicarea tensiunilor de polarizare existau în mijlocul bazei, vor trece spre emitor, fiind atrase de potenţialul său pozitiv.

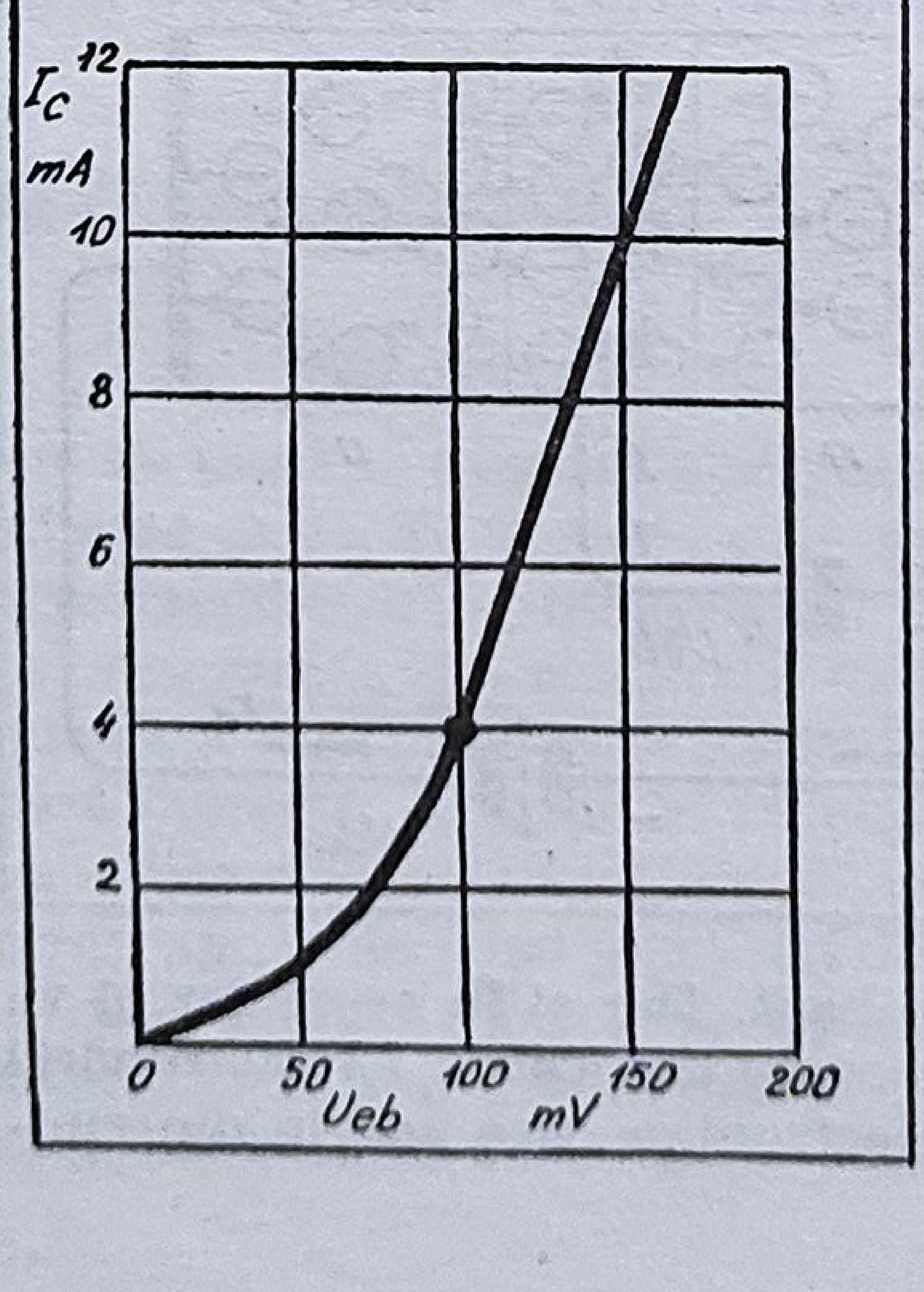


ANTOLOGIA TRANZISTCR — TRIODĂ

IGNOTUS : Să-mi explici acum, te rog, cum variază curentul de colector în funcţie de curentul de bază.

CURIOSUS : S-ar putea spune că I_c este practic proporţional cu I_b. Curba pe care ţi-o prezint mai jos este, de fapt, o linie dreaptă. În momentul în care curentul de bază creşte cu 100 μA, cel de colector creşte cu 3 mA, adică de treizeci de ori mai mult.

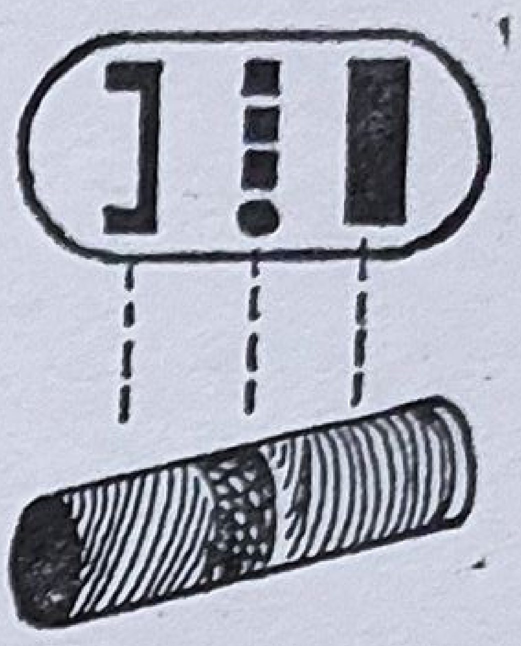
Dar ceea ce este mult mai impresionant sînt curbele de variaţie a curentului de colector funcţie de tensiunea, U_{be}, emitor bază. Pe curba pe care ţi-o arăt, în momentul în care tensiunea, U_{be}, emitor bază variază de la 100 la 150 mV, cu-

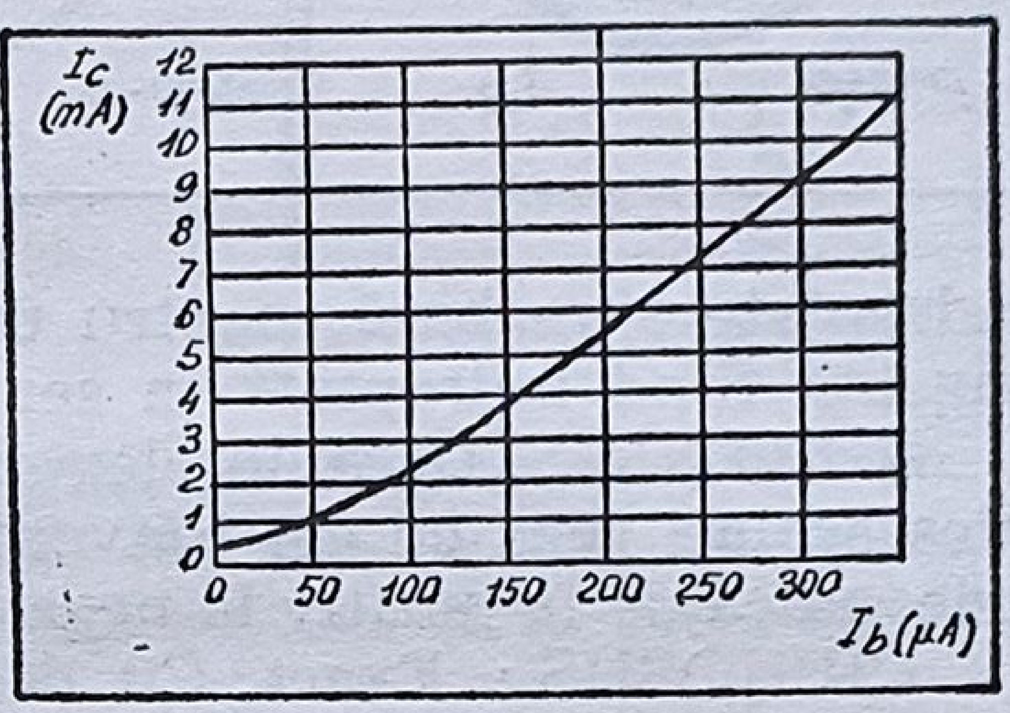


Curba de variaţie a curentului de colector I_c funcţie de tensiunea U_{eb} aplicată între emitor şi bază.

rentul de colector I_c trece de la 4 la 10 mA. Cu alte cuvinte, acest curent crește cu 6 mA pentru o variație a tensiunii de bază de 50 mV, ceea ce revine la 1/20 dintr-un volt.

IGNOTUS : Aceasta ne dă o pantă de 6 împărțită la 1/20 sau cu alte cuvinte 120 mA/V. Dar asta este de-a dreptul formidabil !





Curba de variație a curentului de colector I_c funcție de curentul de bază I_b

CURIOSUS : Nu chiar așa. Căci există tranzistoare avînd o pantă de 300 mA/V și chiar mai mult.

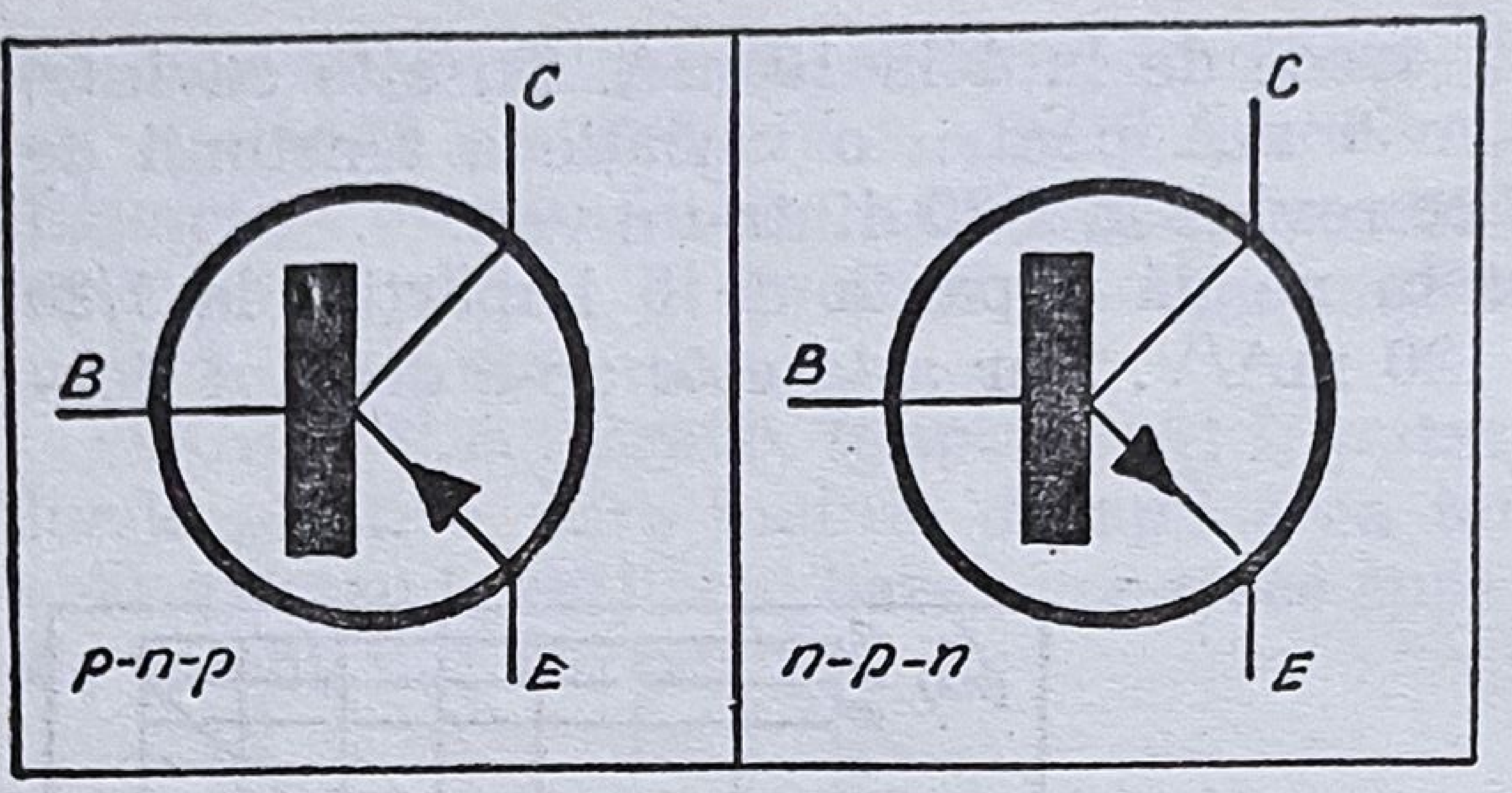
IGNOTUS : Dar ceea ce mă uimește cel mai mult este analogia dintre tranzistor și trioda cu vid. Emitorul corespunde catodului, baza corespunde grilei, iar colectorul anodului.

CURIOSUS : Ai multă dreptate și îți voi spune că așa cum micile variații ale potențialului de grilă determină mari variații ale curentului anodic, la tranzistor variațiile puternice ale curentului de colector se realizează prin variația slabă a curentului de bază. Vei ghici că intrarea tranzistorului este constituită din emitor și bază. Între acesta două elemente și mai precis pe bază, se aplică curenții variabili ce urmează a fi amplificați. Ieșirea este situată între colector și emitor, deoarece între acești doi electrozi circulă curentul amplificat.

SIMBOLURI PENTRU REPREZENTAREA TRANZISTORULUI

IGNOTUS : Ai putea să-mi arăți o schemă a unui etaj amplificator, echipat cu tranzistor ? Dar mai întîi, arată-mi te rog, care este simbolul grafic al acestuia.

CURIOSUS : Datorită faptului că există două tipuri de tranzistoare, sînt necesare 2 simboluri. Baza este reprezentată printr-o linie groasă neagră, emitorul are forma unei săgeți



Simboluri
de tranzistoare

îndreptate spre bază, pentru un tranzistor de tip *pnp*; aceiaşi săgeată fiind îndreptată în sens contrar pentru tipul *npn*.

IGNOTUS : Dacă înţeleg bine, pentru această săgeată s-a ales acelaşi sens cu cel convenţional ales pentru curentul electric, adică de la pozitiv la negativ.

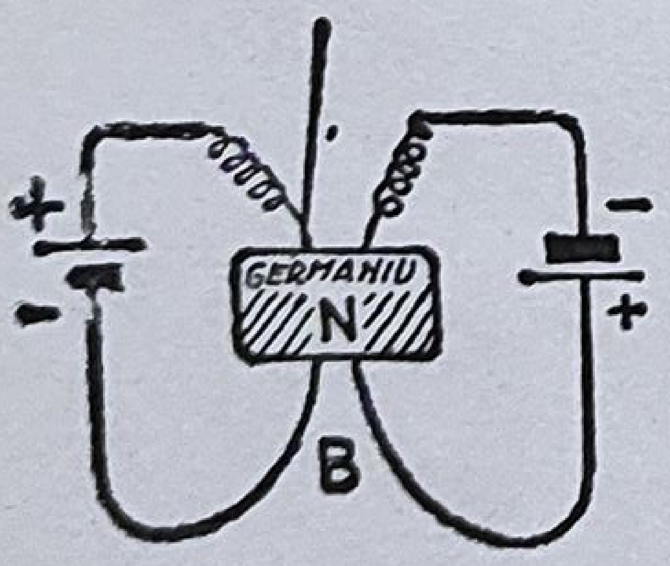
CURIOSUS : Exact. Cît despre colector, acesta este reprezentat printr-o altă dreaptă oblică ce intră în bază, conform desenului prezentat.



De fapt, simbolurile emitorului şi colectorului ar trebui dispuse de o parte şi alta a dreptei ce reprezintă baza, deoarece, aceasta este de fapt, poziţia lor faţă de bază. Totuşi, în literatură tehnică vei găsi schema în care tranzistorul este reprezentat cu colectorul şi cu emitorul plasaţi pe aceiaşi parte a bazei.

IGNOTUS : Cum se poate explica o astfel de lipsă de logică ?

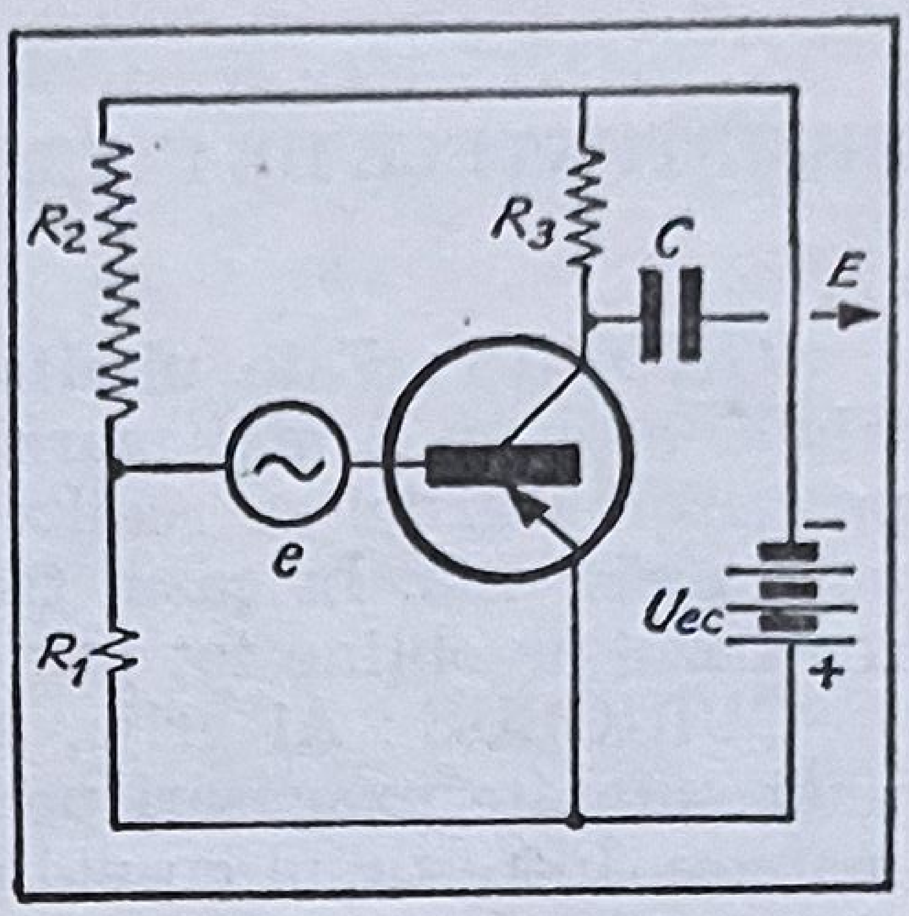
CURIOSUS : Este vorba de o amintire istorică. Primele tranzistoare realizate în 1948, nu posedau joncţiuni adevărate. Atît emitorul cît şi colectorul erau realizaţi sub formă de vîrfuri metalice care se sprijineau pe un cristal de germaniu, ce servea drept bază.



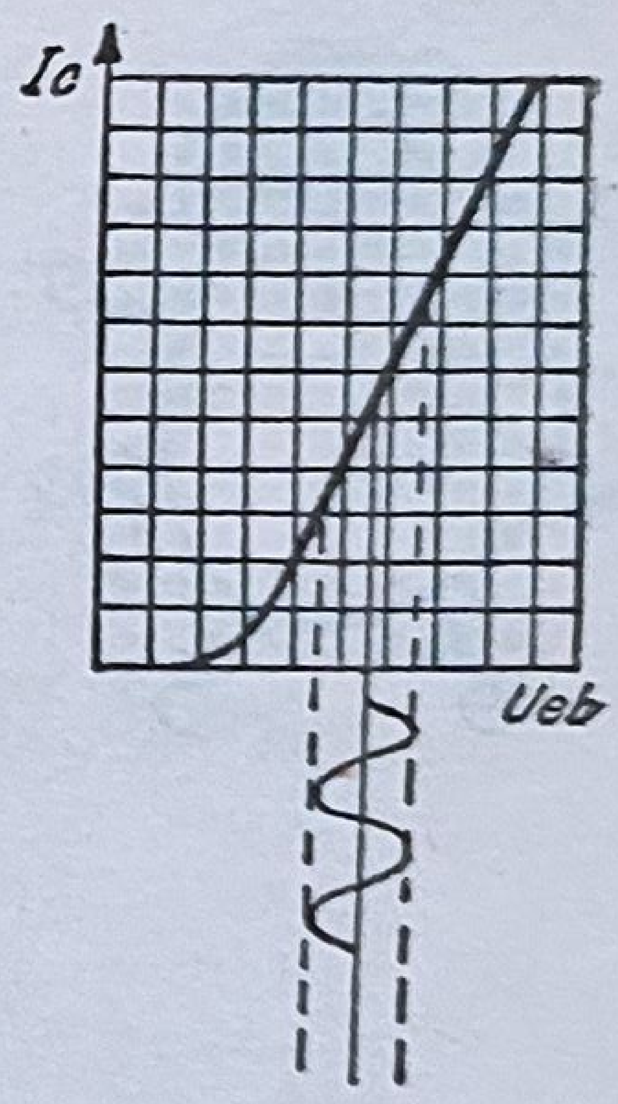
IGNOTUS : Dimpotrivă, eu îmi închipui că inventatorii tranzistorului au fost inspiraţi de o amintire istorică şi mai veche : cea a detectorului cu galenă. Totuşi, nu ar trebui să trăim tot timpul în trecut.

ETAJUL AMPLIFICATOR

CURIOSUS : Ei bine, iată şi o schemă foarte generală de etaj amplificator. În această schemă, tensiunile variabile (semnalele) aplicate în intrare sînt notate cu litera *e*. Tensiunea



Schema generală a unui etaj de amplificare cu tranzistor. Tensiunea de intrare este *e*, iar cea de ieşire *E*.



amplificată obţinută la ieşire, prin trecerea curentului de colector prin rezistenţa de sarcină R_3, este notată cu litera *E*. Această tensiune variabilă de ieşire trece prin condensatorul de cuplaj *C*.

IGNOTUS : Spune-mi, te rog, la ce servesc însă rezistenţele R_1 şi R_2 legate în serie şi care sînt legate la cei doi poli ai bateriei U_{ec}, ce alimentează emitorul şi colectorul ?

CURIOSUS : Aceste două rezistenţe formează un divizor de tensiune, în cazul nostru al tensiunii U_{ec}, Punctul lor comun posedă în consecinţă, un potenţial mai puţin pozitiv decît plusul bateriei. În aşa fel încît, baza tranzistorului, conectată la acest punct comun (prin sursa de semnal *e*) este polarizată negativ faţă de emitor, acesta fiind legat la polul pozitiv al bateriei.

IGNOTUS : Iată un lucru bun ! Ne putem lipsi, astfel, de bateria care polarizează baza. Şi acum, dacă vrei spune-mi care sînt valorile rezistenţelor ce formează acest divizor de tensiune ?

CURIOSUS : Prin acest divizor trebuie să se obţină o polarizare suficientă pentru ca pe curba ce indică variaţia curentului de colector, I_c, funcţie de tensiunea U_{pe}, punctul de funcţionare să fie astfel situat, încît să se găsească pe porţiunea dreaptă a acestei curbe, destul de departe de curbura inferioară, în aşa fel încît variaţiile semnalului aplicat între emitor şi bază să nu intre în această porţiune curbă. Se evită astfel orice fel de distorsiune.

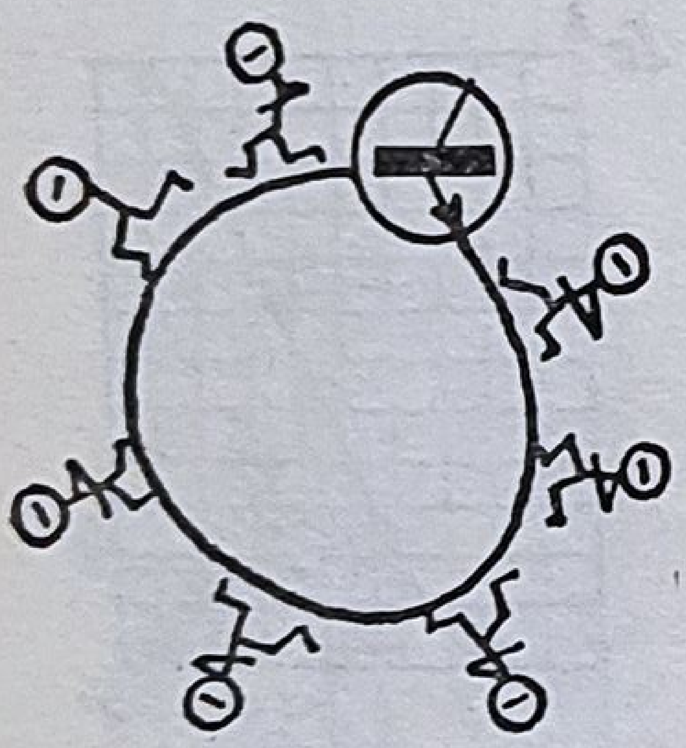
Practic polarizarea trebuie să reprezinte o foarte mică fracţiune din valoarea tensiunii de polarizare a bateriei. Din această cauză rezistenţa R_1 posedă o valoare foarte mică de ordinul zecilor de ohmi, în timp ce valoarea R_2 este aproximativ de treizeci pînă la cincizeci de ori mai mare ca R_1.

REZISTENȚELE DE INTRARE ȘI IEȘIRE

IGNOTUS : Este uimitor. Asemănarea dintre tranzistor și triodă este mult mai mare decît mi-aș fi închipuit. La triodă polarizarea grilei se realizează tot printr-o cădere de tensiune pe o rezistență. În cazul tranzistorului, de asemenea, polarizarea bazei se obține tot printr-o cădere de tensiune pe R_1.

CURIOSUS : Ai grije, trebuie să-ți atrag atenția asupra unei anumite exagerări pe care o faci prin această totală asemănare. Între tubul cu vid și tranzistor există destule diferențe și chiar fundamentale.

În primul rînd, gîndește-te la existența curentului ce circulă între emitor și bază, în interiorul tranzistorului și care revine în emitor prin R_1, cazul tipului *npn* sau care circulă în sens invers (intră prin bază și trece în emitor) în tranzistoarele *pnp*. În ambele cazuri, curentul de bază are o valoare de ordinul zecilor sau chiar sutelor de microamperi. Adică...



IGNOTUS : ...tranzistorul se deosebește de triodă prin faptul că aceasta nu posedă curent de grilă și este polarizată astfel, încît acesta să nu existe.

CURIOSUS : Gîndește-te, Ignotus, că pentru a da posibilitatea curentului de bază să circule, sursa de semnal aplicată la intrare trebuie să cheltuiască o anumită putere. Aceasta, nu uita, este însă produsul dintre valoarea tensiunii și cea a curentului.

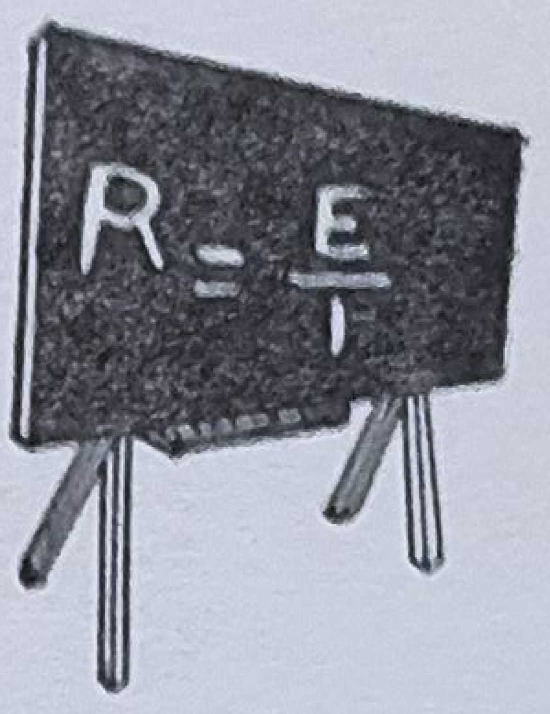
IGNOTUS : Mă gîndesc însă la alt aspect al acestui fenomen. Deoarece tensiunile aplicate între bază și emitor dau naștere unui curent, am putea calcula cu ajutorul legii lui Ohm, rezistența de intrare a tranzistorului.

CURIOSUS : Bineînțeles. Vom constata astfel că rezistența de intrare are o valoare de aproximativ cîteva sute de ohmi. Vezi dar, ce diferență există în această privință între tranzistor, triodă și celelalte tuburi amplificatoare a căror rezistență de intrare este practic infinită, deoarece acestea nu posedă curent de grilă.

IGNOTUS : Care este însă, rezistența totală a tranzistorului, adică rezistența dintre emitor și colector ?

CURIOSUS : Această rezistență poate fi considerată ca rezistență de ieșire a tranzistorului. Ea are o valoare de ordinul zecilor de kiloohmi sau chiar mai mică în cazul tranzistoarelor de putere.

IGNOTUS : Din cele ce mi-ai spus îmi închipui că atunci cînd se calculează valoarea rezistenței de sarcină din colector,

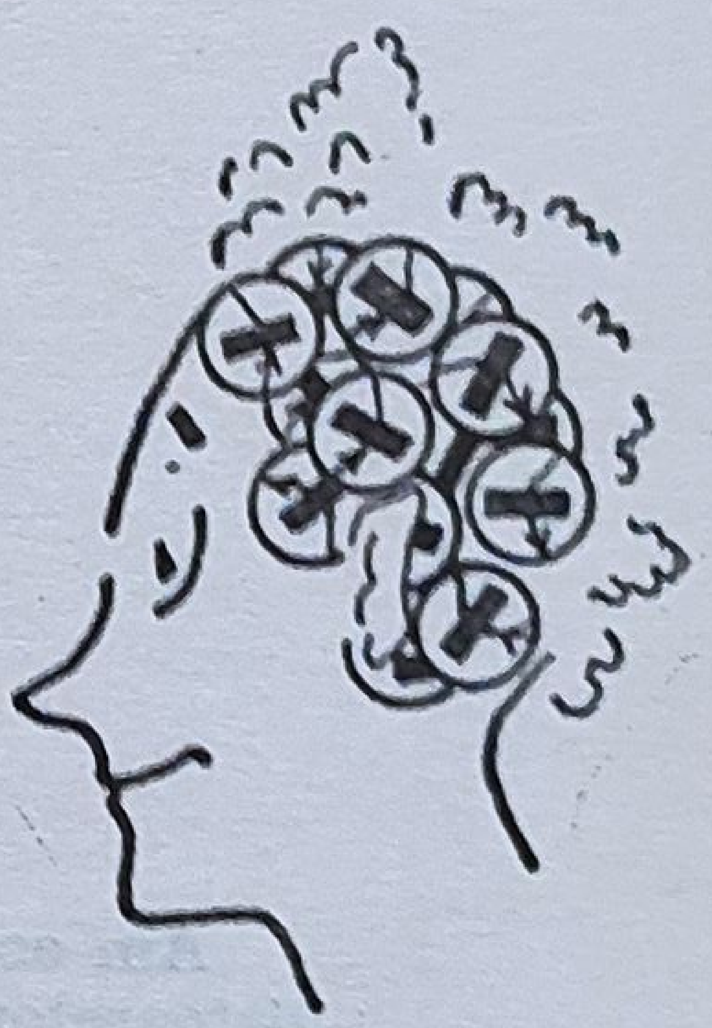


bineînțeles, că se ține seama și de rezistența de ieșire a tranzistorului.

CURIOSUS : Bineînțeles. Valoarea rezistenței de sarcină nu trebuie să fie prea mare, în așa fel încît tensiunile variabile (de semnal) care apar între extremitățile sale să nu inverseze (prin valorile lor de vîrf) polaritatea tensiunii de polarizare aplicată colectorului.

IGNOTUS : Încep să mă întreb dacă utilizarea tranzistoarelor nu este mult mai complexă decît a tuburilor electronice ?

CURIOSUS : Liniștește-te, dragă Ignotus. Despre aceasta vom vorbi din nou la viitoarea noastră întîlnire. Dar acum, pentru astăzi, am impresia că ți-am saturat bine mintea. Hai să ne oprim aci.



Profesorul Radiol descrie:

Tehnologia tranzistoarelor

Cum se produc diversele tipuri de tranzistoare? În ce mod se purifică materialele semiconductoare și în ce fel aceste materiale sînt transformate în monocristale? Ce procedee permit introducerea în monocristal a impurităților de polarități pozitive și negative? Care este procesul de fabricare a tranzistoarelor clasice, a celor mesa și a tranzistoarelor planar? Ce probleme ridică forma bazei în amplificarea de înaltă frecvență?
În acest capitol profesorul Radiol soluționează întrebările puse mai sus.

Am ascultat cu interes conversația voastră consacrată tranzistoarelor. Și am constatat cu satisfacție modul în care Curiosus, ți-a expus toate noțiunile fundamentale relative la aceste componente active, care au înlocuit, în foarte scurt timp, în majoritatea aparatelor electronice, tuburile electronice cu vid.

Cred, dragă Ignotus, că ai înțeles foarte bine faptul că semnalele variabile aplicate între emitor și bază determină un curent de bază care, la rîndul său, dă naștere unui curent de colector.

Se poate spune că factorul de amplificare al unui tranzistor este determinat de raportul dintre variația curentului de colector și variația curentului de bază, care i-a dat naștere.

PURIFICAREA MATERIALELOR SEMICONDUCTOARE

Îmi închipui că ați dori acum să cunoașteți atît modul în care se produc, precum și tipurile tranzistoarelor. De asemenea voi încerca să vă descriu tehnologia și caracteristicile esențiale ale acestora.

Ca material de bază pentru fabricarea tranzistoarelor se folosește germaniul sau siliciul. În ambele cazuri se pleacă de la materiale semiconductoare foarte, foarte pure și perfect cristaline.

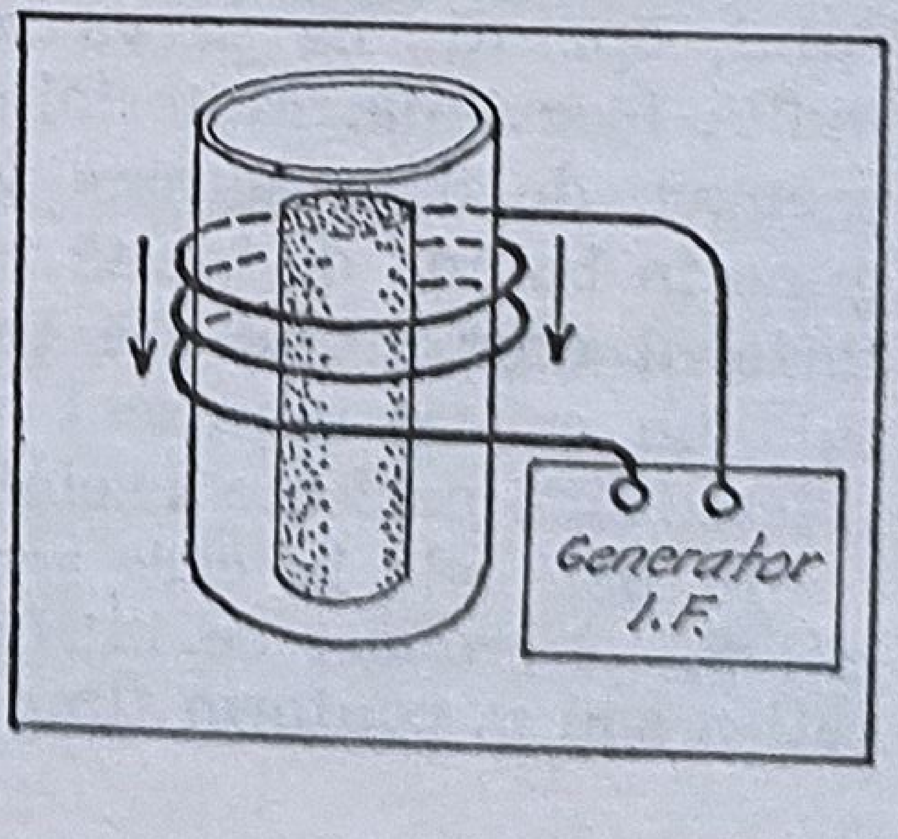
Pentru eliminarea impurităților nedorite, se folosește metoda *încălzirii zonare*, metodă prin care se realizează încălzirea *unei singure zone*. În acest scop, se plasează un baton de material semiconductor într-un creuzet de cuarț așezat orizontal, încălzindu-se o zonă foarte redusă a acestui creuzet, pînă la topirea materialului semiconductor din această porțiune. Apoi foarte lent se deplasează zona lichidă a materialului semiconductor. În concluzie ce se întîmplă ?

Impuritățile nedorite din germaniu sau siliciu au tendința să rămînă în zona topită. Cu alte cuvinte, deplasînd batonul semiconductor odată cu creuzetul, de la un cap la celălalt al creuzetului prin dreptul instalației de topire, impuritățile se vor strînge toate în zona lichidă și astfel se vor comasa la capul posterior al batonului. Extremitatea acestuia unde s-au strîns impuritățile se taie. Restul de material semiconductor este astfel perfect purificat, în așa fel încît la 100 milioane de atomi de semiconductor mai rămîne numai un singur atom de impuritate.

ÎNCĂLZIREA LA ÎNALTĂ FRECVENȚĂ

Poate veți dori să știți modul în care se realizează încălzirea zonară a materialului semiconductor pînă la o temperatură ce atinge, pentru siliciu, 940° C ?

Din nou se face apel la electronică. Și iată cum : creuzetul este introdus, cu porțiunea ce urmează a fi încălzită, într-o bobină, parcursă de un curent de înaltă frecvență de o intensitate foarte mare. Acest curent induce în masa materialului



Purificarea materialului semiconductor prin procedeul topirii zonare. Topirea se realizează cu ajutorul curenților de înaltă frecvență induși de bobină în materialul semiconductor.

semiconductor curenţi ce provoacă topirea sa. Bobinajul se deplasează încet de-a lungul creuzetului, fapt care antrenează deplasarea corespunzătoare a zonei topite.

Încălzirea prin cîmp magnetic, indus de curenţii de înaltă frecvenţă, cîmp care la rîndul său dă naştere în masa materialului semiconductor unor curenţi tot de înaltă frecvenţă, este cu totul deosebită de încălzirea obţinută cu ajutorul flăcărilor. Acestea ridică temperatura suprafeţei şi de aci prin conductibilitatea termică, caloriile pătrund în interiorul corpurilor.

Diferenţa constă în faptul că la încălzirea prin curenţi de înaltă frecvenţă, căldura se dezvoltă imediat chiar în interiorul corpului încălzit.

Mai pot adăuga, că această metodă de încălzire poate fi utilizată şi în cazul materialelor dielectrice ; în acest caz însă, în corpul ce urmează a fi încălzit, se creiază un cîmp electric (şi nu unul magnetic). Corpul respectiv se plasează între armăturile unui condensator, căruia i se aplică tensiunea de înaltă frecvenţă. Exact acelaşi procedeu se aplică şi în cazul terapeuticii sub numele de *diatermie de înaltă frecvenţă*.

MODUL DE OBŢINERE A UNUI MONOCRISTAL

Să revenim acum la dragele noastre semiconductoare. Din momentul în care sînt bine purificate, trebuie să le asigurăm şi perfecta lor cristalizare.

În realitate un material semiconductor este compus dintr-o acumulare de cristale mai mari sau mai mici, reunite în mod dezordonat. Ori, o astfel de ansamblare trebuie preschimbată într-un *monocristal*, în care structura cristalină este perfect omogenă în toată masa corpului.

În acest scop, se va topi din nou toată masa semiconductorului, operaţie ce se va realiza tot cu ajutorul curenţilor de înaltă frecvenţă. Materialul semiconductor se plasează într-un creuzet, de data aceasta vertical, care este introdus în întregime în bobina de înaltă frecvenţă. După ce materialul din interiorul creuzetului s-a topit, se introduce la suprafaţa acestuia un cristal minuscul care serveşte de germene (nucleu) cristalizării perfecte a semiconductorului.

În perioada în care semiconductorul se găseşte în stare lichidă, în creuzet se introduce cantitatea necesară de impurităţi *n* sau *p*, conform tipului de material semiconductor pe care

dorim să-l obținem și din care se vor produce viitoarele tranzistoare.

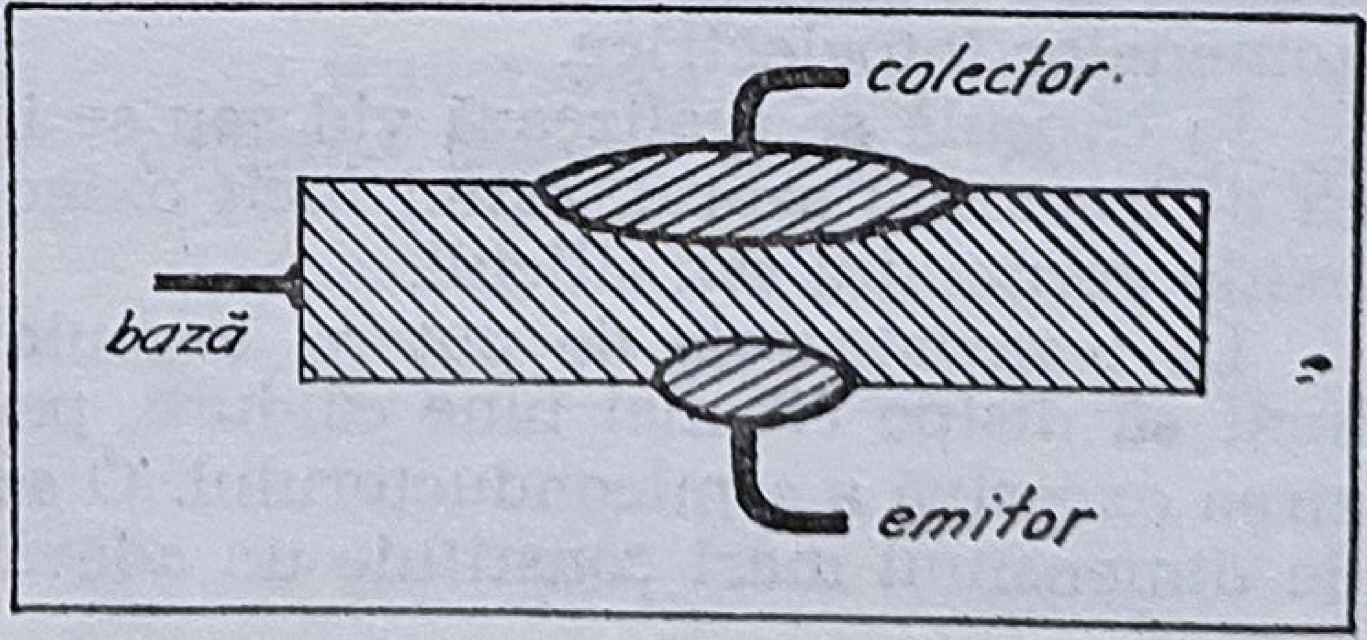
După răcire dispunem de un monocristal care cîntărește nici mai mult nici mai puțin de cîteva kilograme. Acesta va fi tăiat, întîi în foarte multe felii, care la rîndul lor vor fi tăiate în bucățele de formă pătrată. Fiecare pătrățel va forma un tranzistor. Cu excepția tranzistoarelor de putere, aceste pătrățele au laturile de aproximativ 2 mm, în timp ce grosimea lor este de ordinul zecimii de milimetru.

ALIERE SAU FUZIUNE

Iată-ne deci în posesia pieselor care vor forma baza.

Ne întrebăm acum, care este procedeul prin care se produc tranzistoarele ? Veți ghici fără prea mult efort, că mai întîi, este necesar să dispunem, pe ambele fețe ale bazei de impurități de tip opus, celor conținute de ea.

În acest scop s-au pus la punct mai multe metode. Dacă avem o bază de tip *n* din germaniu, vom depune pe fețele ei opuse pastile de indiu, acesta fiind o impuritate de tipul *p*. Vom încălzi totul la temperatura de 600°C, temperatură la care indiul începe să se topească, dar nu și germaniul a cărui temperatură de topire este, după cum știți, 940°C. Atomii de indiu topit intră în germaniu care-i primește, datorită agitației termice a moleculelor sale, creiată de ridicarea temperaturii.



Dispunerea în spațiu a celor trei elemente ce constituie un tranzistor.

Se formează astfel în bază de o parte emitorul, de cealaltă colectorul. Acesta trebuie să aibă un volum mult mai mare decît emitorul, deoarece curenții ce-l parcurg, disipă aci o putere mai mare.

În sfîrșit, fiecăruia dintre cei trei electrozi i se sudează conexiuni.

DIFUZIA ȘI ELECTROLIZA

Procedeul de formare a emitorului și colectorului descris mai sus servește numai la fabricarea prin *aliere* sau *fuziune* a tranzistoarelor. Aceste dispozitive pot fi obținute însă, și prin *difuzie*. În acest scop, semiconductorul, respectiv baza, este încălzit la temperatură apropiată de cea de fuziune într-o atmosferă de gaz neutru, gaz ce conține însă vapori de impurități ce servesc la formarea emitorului și colectorului. Atomii acestor impurități pătrund foarte ușor în semiconductor.

Adîncimea de pătrundere în semiconductor a acestor impurități depinde de dozajul vaporilor (conținutul lor de impurități) și de durata operației. Acești doi factori determină grosimea bazei.

Procedeul de difuzie se potrivește foarte bine la fabricarea tranzistoarelor de putere, deoarece permite introducerea atomilor de impurități pe suprafețe mari, ceea ce servește la formarea unor emitori și colectori de dimensiuni suficiente pentru a permite trecerea curenților de valori importante.

Un procedeu asemănător cu cel al difuziei este și metoda *electrolitică*, metodă prin care semiconductorul este supus unui jet foarte puternic de lichid, ce conține impurități de tip opus celor conținute de bază.

Pe scurt, vedeți, că pentru fabricarea tranzistoarelor se utilizează corpurile solide (aliaje), cele lichide (electroliza), precum și cele gazoase (difuzia).

După realizarea sa printr-unul din procedeele menționate, tranzistorul este închis într-o capsulă etanșă și opacă, pentru a nu fi accesibil luminii, care ar putea determina apariția fenomenelor fotoelectrice.

În capsulă se realizează vid sau se introduce un gaz neutru, ca de exemplu azotul, astfel încît oxigenul din aer să nu poată oxida germaniul sau siliciul.

La tranzistoarele de putere capsula este astfel concepută încît să disipe cît mai bine căldura, pentru a împiedeca încălzirea excesivă a semiconductorului. O astfel de capsulă metalică de dimensiuni mari constituie un adevărat radiator de căldură.

TRANZISTORUL DE ÎNALTĂ FRECVENȚĂ PUNE PROBLEME

În schimb tranzistorul de înaltă frecvență (I.F.) poate fi închis într-o capsulă foarte mică. În cazul acestuia nu se pune problema încălzirii. Totuși se pune problema grosimii bazei.

Dacă această grosime este foarte mică, între emitor și colector se formează o capacitate destul de mare. În acest caz, curenții de înaltă frecvență în loc să treacă prin cele două joncțiuni, trec prin această capacitate, direct din emitor în colector, care formează într-un fel, armăturile unui condensator.

În acest caz s-ar putea propune, pentru eliminarea acestei capacități, mărirea grosimii bazei. Ar fi bineînțeles soluția pe care desigur ai propune-o, Ignotus. Să vedem în ce măsură această soluție este rațională.

Mărind distanța dintre emitor și colector, veți obliga electronii să parcurgă un drum mai lung. Ori, în semiconductor, viteza electronilor și golurilor este destul de mică, fiind de ordinul a patruzeci de kilometrii pe secundă.

Să presupunem că grosimea bazei este de 0,1 milimetri. Pentru a parcurge această minusculă distanță, electronii au nevoie de 2,5 microsecunde. Această perioadă este exact durata alternanței unei tensiuni variabile, ce posedă o frecvență de 200 kHz, ceea ce corespunde unei lungimi de undă de 1 500 metri. Vedeți deci, că pentru o astfel de grosime a bazei, se pot amplifica numai semnale ce corespund lungimilor mari de undă.

Iată că, la tranzistoarele de I.F., grosimea, bazei trebuie redusă la dimensiuni foarte mici. Pentru o bază de 0,001 milimetri, se pot recepționa semnale cu lungimi de undă de 1,5 metri. Dar pentru undele decimetrice, utilizate în televiziune, grosimea bazei trebuie redusă și mai mult.

În concluzie sîntem în prezența unor exigențe opuse : pentru micșorarea capacității emitor-colector, grosimea bazei trebuie crescută ; în schimb pentru traversarea ei rapidă de către electroni și goluri, această grosime trebuie să fie redusă cît mai mult.

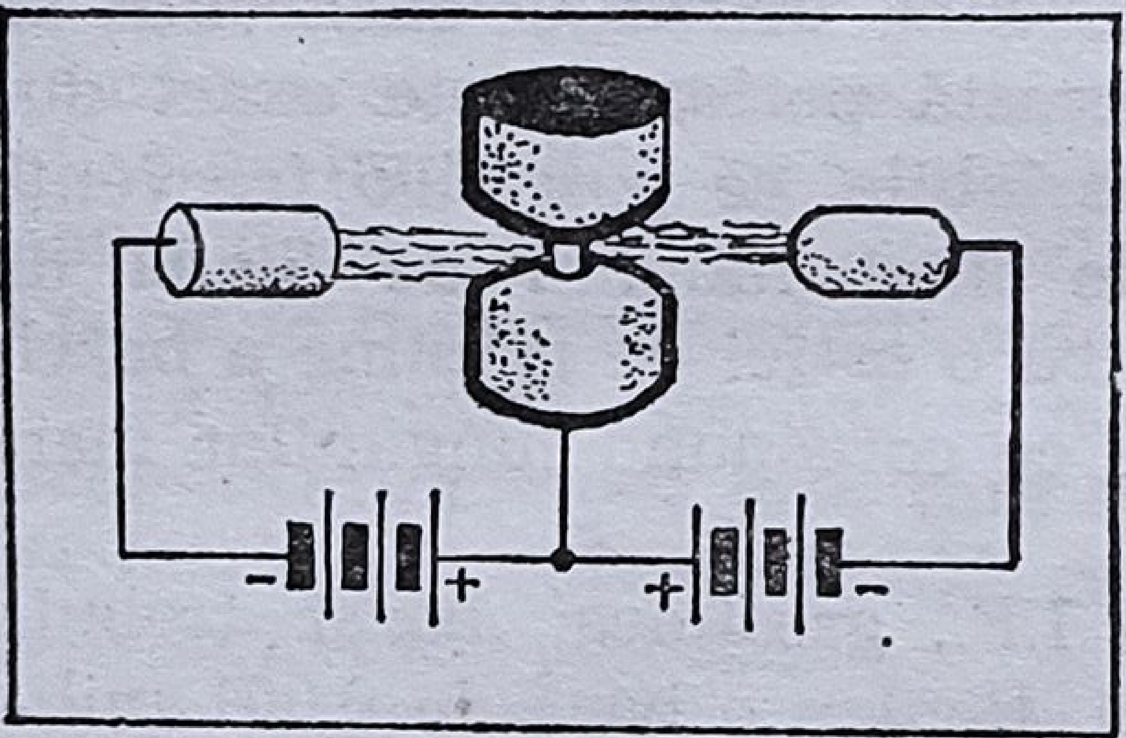
SOLUȚIA PROBLEMEI

Care este soluția acestei dileme ?

Foarte simplă și elegantă. Se micșorează valoarea capacității, fără însă să se mărească grosimea bazei sau distanța dintre armături, reprezentate aci prin emitor și colector. Se micșorează, în schimb cît mai mult posibil suprafețele celor două joncțiuni, adică a armăturilor.

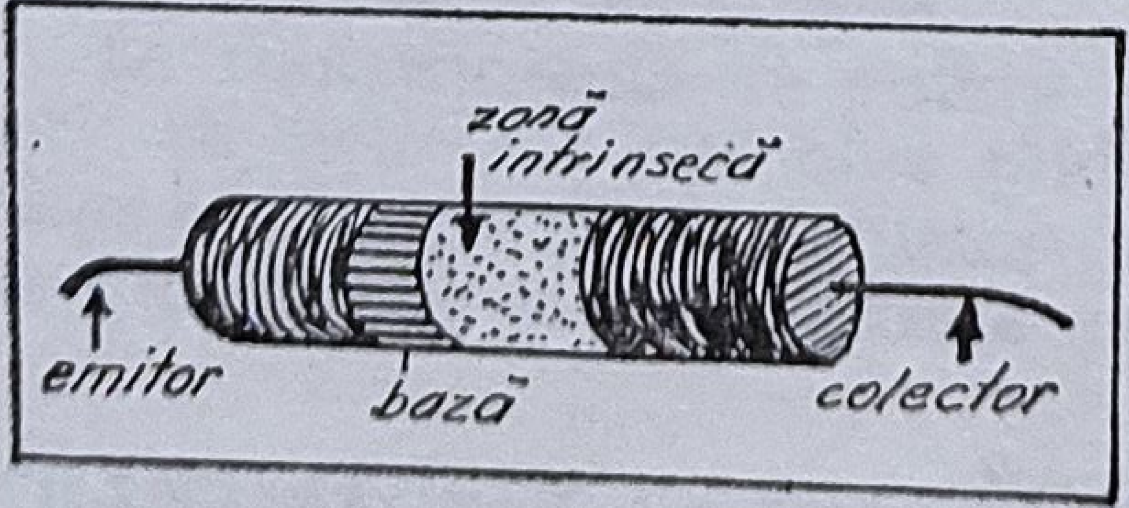
În acest scop, impuritățile care formează emitorul și colectorul se introduc în bază sub forma unor conuri al căror vîrf este îndreptat spre ea.

Operația constă în proiectarea pe cele două suprafețe ale bazei a două jeturi lichide care, sub acțiunea unei tensiuni electrice, provoacă electroliza, operație ce corodează semiconductorul, săpînd astfel în acesta veritabile cratere, sau micșorînd cît mai mult dimensiunea bilelor de indiu care prin aliere formează colectorul și emitorul. Tehnologia primei metode este următoarea : în momentul în care vîrfurile craterelor sînt suficient de apropiate, se inversează tensiunea electrică aplicată și se introduce în lichidul respectiv o cantitate suficientă de impurități care, prin electroliză, creiază în vîrful craterelor, prin depunere, emitorul și colectorul.



Jetul de lichid prin care se produce electroliza.

Mai există și un alt tip de tranzistoare de înaltă frecvență la care porțiunea bazei mai apropiată de emitor este îmbogățită în impurități, fapt ce permite amplificarea unor frecvențe mai ridicate. Ele se numesc tranzistoare *drift* și prin caracteristicile care le posedă permit recepția undelor decimetrice.



Între baza și colectorul tranzistorului s-a introdus o zonă semiconductoare intrinsecă, zonă ce îmbunătățește performanțele în amplificarea de I.F.

În acest sens se poate merge și mai departe, intercalînd între bază și colector, o zonă denumită *intrinsecă*. Aceasta este compusă dintr-un strat de germaniu sau de siliciu foarte pur, acesta fiind un conductor electric mediocru. Zona respectivă

are însă meritul de a se interpune între stratul foarte subțire al bazei și colector, fapt ce micșorează capacitatea colector-emitor și permite amplificarea unor frecvențe foarte înalte.

TRANZISTOARE MESA

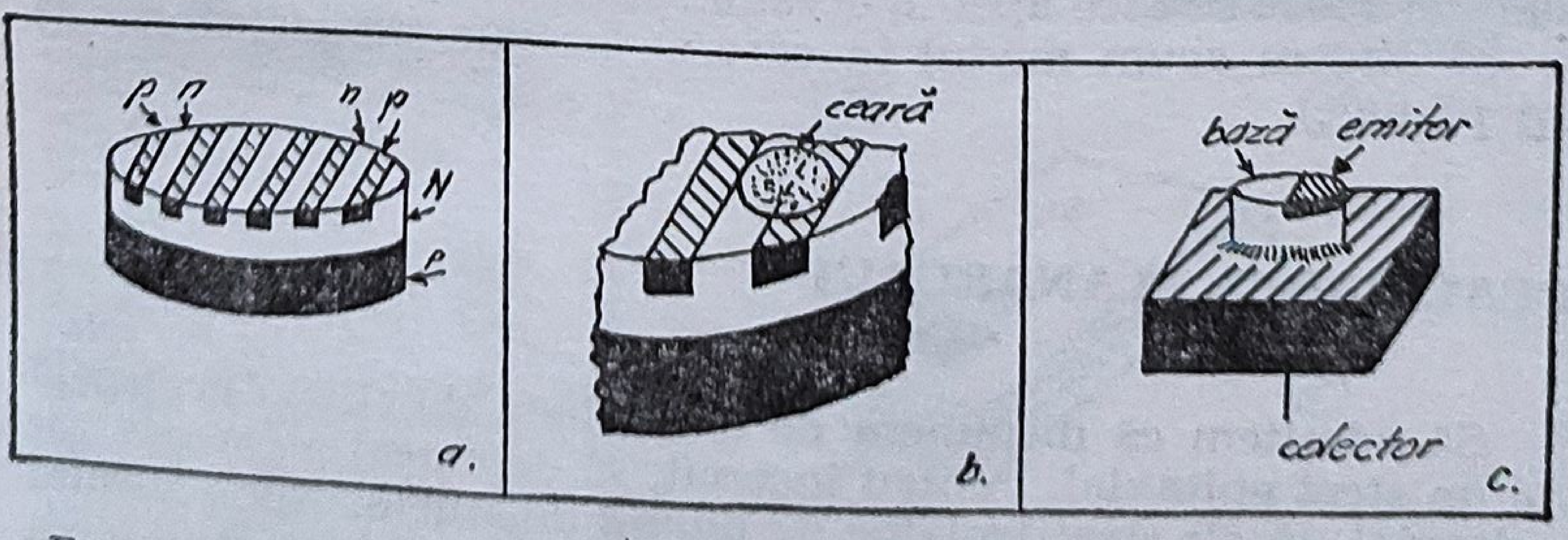
Un alt tip de tranzistoare care pot amplifica frecvențe de ordinul miilor de megaherți sînt tranzistoarele mesa. Ele sînt utilizate în circuitele de intrare ale unor televizoare.

Se realizează în felul următor : pe un bloc de germaniu de tip *p*, care va forma colectorul, se sudează pe fața sa inferioară o foiță de aur, ce va forma o conexiune. Apoi se difuzează prin vapori pe cealaltă față antimoniu (impurități *n*). Aceste impurități de tip *n*, a căror densitate va fi mult mai mare la suprafață, vor constitui baza. Operația următoare constă în difuzarea pe aceiași suprafață (peste antimoniu) a unor impurități de tip *p*, în general aluminiu, impurități ce vor forma emitorul. Această ultimă difuzie se realizează numai parțial, adică numai pe anumite porțiuni. Aluminiul se depune astfel, sub forma unor benzi înguste.

Odată realizate aceste operații, pe suprafața respectivă se depun picături minuscule de ceară, care acoperă atît porțiunile care formează emitorul *p* cît și cele care formează baza *n*. Se atacă apoi semiconductorul cu un acid care corodează toate depunerile bază și emitor, în afară de cele protejate de ceară.

Din acest moment, nu mai rămîne decît decuparea din blocul de Ge a tranzistoarelor a căror emitori și baze formează pe suprafața colectorului, o mică ridicătură.

Acesta este motivul pentru care acest tip de tranzistoare se numesc mesa, cuvînt care în America de Sud înseamnă „munte“.



Faze succesive din tehnologia de fabricație a tranzistoarelor mesa.

rului. Acest bioxid de siliciu este cunoscut mai bine sub denumirea de cuarț.

Dacă dorim mărirea puterii disipate a tranzistorului planar trebuie în principiu, să mărim suprafața joncțiunii emitor-bază ; se mai poate însă, pentru realizarea aceluiași lucru, alungi linia de contact între emitor și bază, realizînd emitorul nu sub forma unui mic cerc, ci sub forma unei stele sau a unui zig-zag închis.

UTILIZAREA PELICULEI FOTOSENSIBILE

După ce ați ascultat toate explicațiile mele și ați constatat numărul impresionant de operații pe care-l necesită fabricarea tranzistorului, vei gîndi desigur dragă Ignotus, că prețul său de cost trebuie să fie foarte ridicat. Țin însă să te liniștesc.

Simultan se produc zeci sau chiar sute de astfel de tranzistoare, dintre care unele modele sînt microminiaturizate. În acest scop se utilizează procedee împrumutate fotogravurii și care mai servesc și la realizarea circuitelor integrate, circuite despre care vom vorbi mai departe.

Trebuie să știți că orificiile prin care se realizează conexiunile, se obțin prin acoperirea mai întîi a unor porțiuni ale suprafeței cu o peliculă fotosensibilă care, sub efectul luminii, devine solidă și nu poate fi dizolvată în cazul cufundării sale într-un solvent special. În așa fel încît părțile suprafeței care au fost luminate sînt protejate împotriva dizolvării de către acest lac solidificat provenit din pelicula solidificată.

Ei bine, acum veți ghici că ceea ce se proiectează în acest scop pe peliculă, sînt imaginile luminoase ale porțiunilor stratului epitaxial care nu trebuie corodate sau îndepărtate prin atacul chimic. În mod obișnuit, proiectarea luminii se face prin anumite obiective ce permit reducerea imaginilor, fapt ce facilitează mult efortul microminiaturizării......

V-aș mai putea vorbi încă și despre alte tranzistoare, ca de exemplu cele a căror funcționare se bazează pe efectul de cîmp. Dar nu vreau să vă mai obosesc și deaceea vă părăsesc. Puteți opri magnetofonul.

Convorbirea a 11-a

Tranzistoare cu efect de cîmp

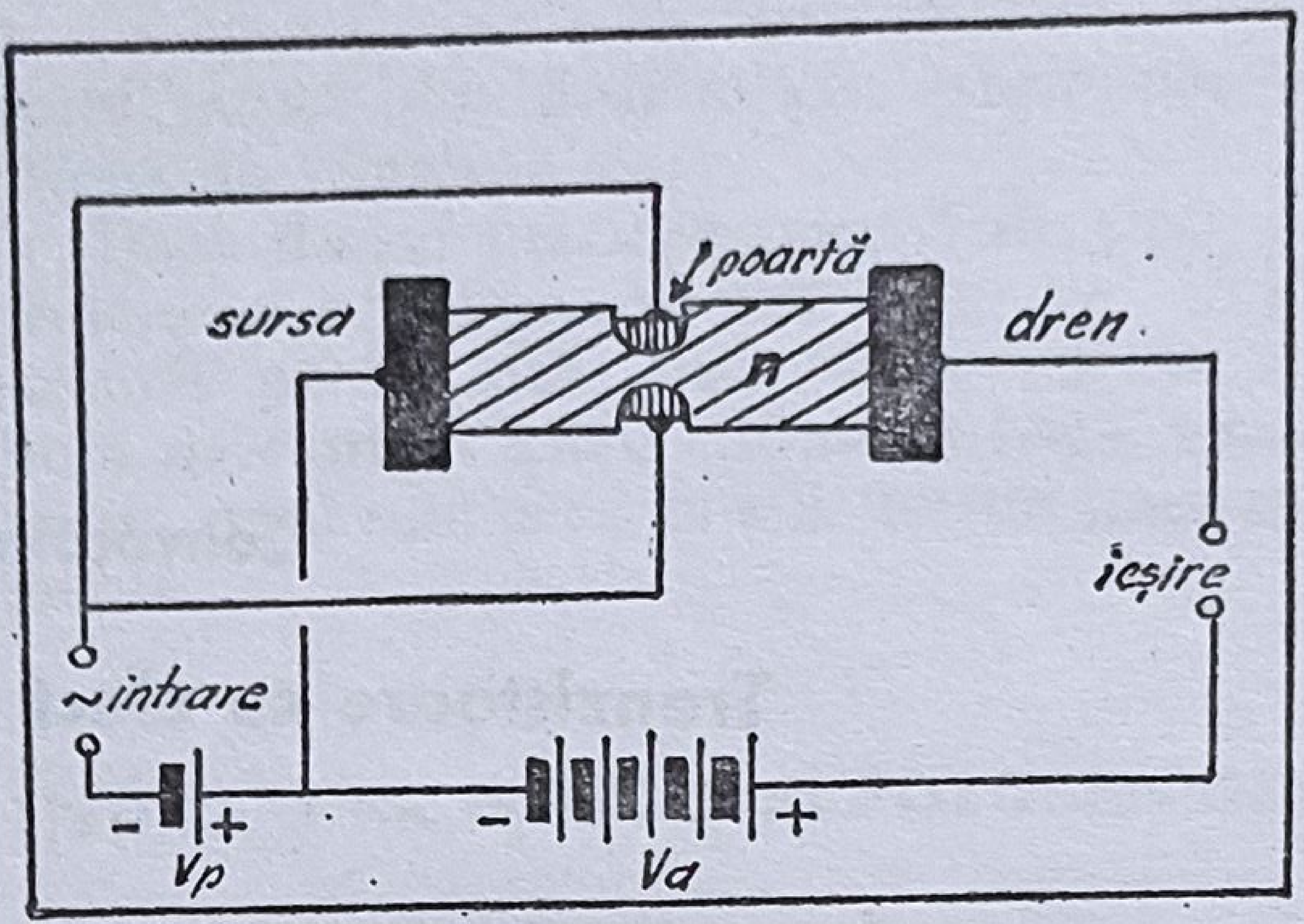
Principiul de funcţionare a tranzistoarelor cu efect de cîmp este cu totul diferit de cel al tranzistoarelor clasice studiate mai înainte de cei doi prieteni ai noştri. Din anumite puncte de vedere, prin proprietăţile care le posedă, aceste tranzistoare speciale se aseamănă şi mai mult cu triodele cu vid.
În dialogul care urmează se vor studia mai întîi structura şi diverşii parametrii ale acestor tranzistoare, după care se va examina utilizarea lor practică.

EFECTUL DE GÎTUIRE

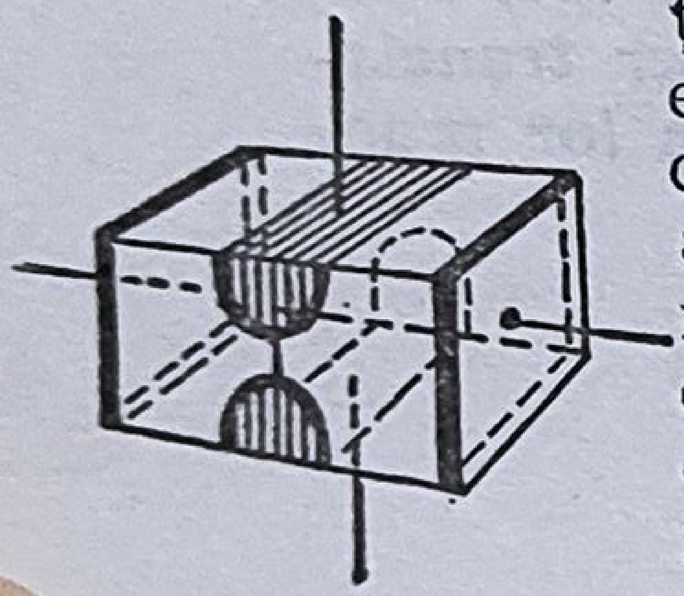
IGNOTUS : Unchiul dumitale a menţionat într-o convorbire anterioară, existenţa tranzistoarelor cu efect de cîmp. Îmi imaginez că acestea se obţin prin introducerea unui semiconductor într-o bobină, a cărui cîmp electric acţionează asupra.......
CURIOSUS : Opreşte-te, dragul meu. Aci e vorba de acţiunea unui cîmp electric. Tranzistorul cu efect de cîmp nu se aseamănă în nici un fel cu cele care le-am studiat pînă acum. El nu posedă, cele trei secţiuni care formează emitorul, baza şi colectorul.



Tranzistorul cu efect de cîmp este compus dintr-o plachetă de material semiconductor, în general de tip *n*, care în porţiunea din mijloc, are o grosime foarte redusă. În această porţiune subţiată este plasat electrodul care dă naştere cîmpului electric. Pentru semiconductorul de tip *n*, acest cîmp trebuie să posede o polaritate negativă, astfel încît să se opună mai mult sau mai puţin trecerii electronilor între cele două extremităţi ale semiconductorului sau cu alte cuvinte prin conductor.



Tranzistor cu efect de cîmp, ce utilizează un semiconductor de tip n.



IGNOTUS: Dacă înţeleg bine, acest cîmp negativ, gîtuie sau mai bine zis strangulează, într-un fel, fascicolul de electroni care se deplasează dinspre extremitatea negativă spre extremitatea pozitivă a semiconductorului.

CURIOSUS: Ceea ce ai spus este însăşi principiul de funcţionare a tranzistorului cu efect de cîmp. Acţiunea cîmpului electric exterior asupra intensităţii curentului ce parcurge semiconductorul, reprezintă exact fenomenul de simplificare a acestui tip de tranzistor. Tensiunile variabile (semnalele) ce urmează a fi amplificate se aplică între electrozii ce creiază cîmpul electric şi una din extremităţile semiconductorului. Aceasta constituie intrarea. Ieşirea este constituită de un circuit exterior, plasat între extremităţile semiconductorului.

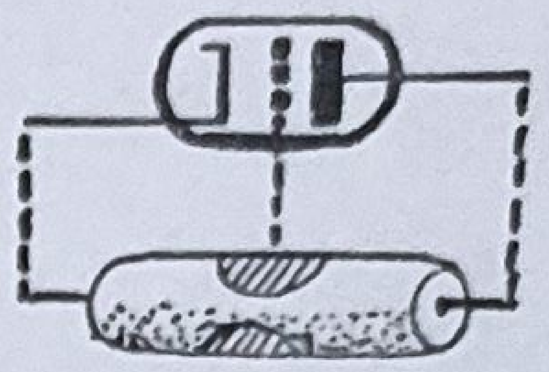
ÎNRUDIREA CU TRIODA

IGNOTUS: Tranzistorul acesta se aseamănă însă uimitor cu trioda! În aceasta, tensiunea ce urmează a fi amplificată este aplicată între grilă şi catod. Variaţiile potenţialului de grilă se opune mai mult sau mai puţin trecerii fluxului de electroni dinspre catod spre anod.

Aceleaşi efecte sînt produse în tranzistorul acesta, de către electrodul care, între cele două extremităţi, se opune mai mult sau mai puţin, trecerii electronilor corespunzător potenţialului ce i se aplică.

În aceste condiţii, îmi închipui, că una din extremităţile semiconductorului poate fi denumită catod, iar cealaltă anod, iar electrodul care produce cîmpul electric, grilă.

CPRIOSUS: Analogia pe care ai enunţat-o este perfect exactă. Dar cu toate acestea ea nu a reuşit să boteze părţile



constitutive ale acestui tranzistor cu denumirile date părților componente ale triodei.

Electrodul care produce cîmpul electric, ce deschide sau închide poarta prin care trece curentul este denumit *grilă* sau *poartă*. Foarte des în locul termenului românesc de grilă sau poartă, se citează echivalentul său englez și anume *gate*.

Extremitatea semiconductorului pe care se aplică tensiunea de intrare sau de amplificare este denumită *sursă*. Extremitatea semiconductorului opusă sursei și anume cea de pe care se culege curentul amplificat poartă numele de *drenă* (drain). Porțiunea din semiconductor prin care trece curentul se numește *canal*.

IGNOTUS : Văd că pe schema respectivă între sursă și grilă, am conectat în serie două tensiuni : o tensiune continuă V_p de polarizare a porții și o tensiune variabilă aplicată în intrare și care este amplificată de acest tranzistor. Îmi închipui că, tensiunea continuă de polarizare are o valoare destul de mare pentru ca alternanțele tensiunii de intrare să nu inverseze la un moment dat polaritatea grilei sau a porții.

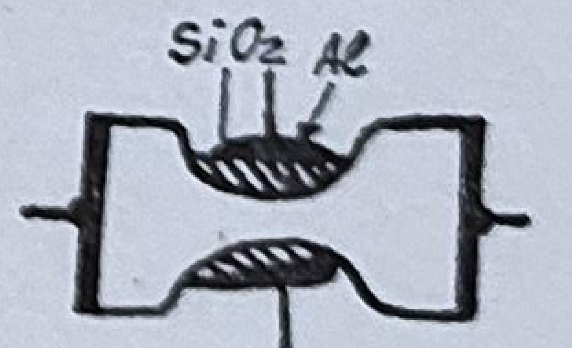


În cazul nostru, poarta este polarizată negativ. În acest moment trebuie evitate alternanțele pozitive ale tensiunii de intrare care depășesc tensiunea de polarizare, V_p.

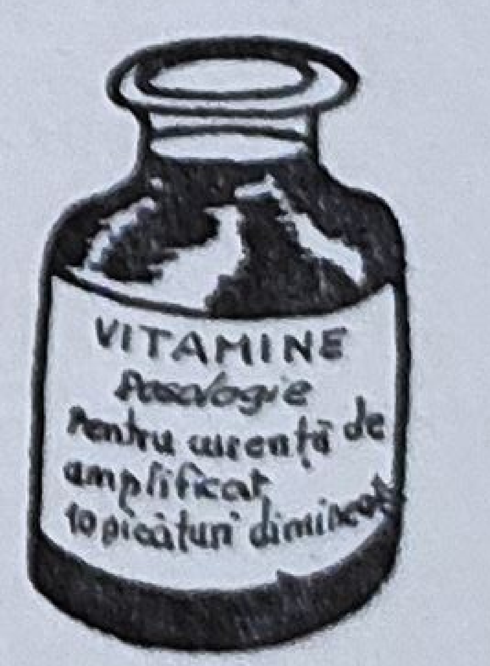
CURIOSUS : După cele discutate, s-ar spune. dragă Ignotus, că tu ai și utilizat tranzistoare cu efect de cîmp.......

REZISTENȚA DE INTRARE INFINITĂ

IGNOTUS : Nu încă. Dar sper că într-o zi se va întîmpla și aceasta. Așteptînd ziua aceea, ași vrea să știu dacă tensiunea V_p dă naștere unui curent care să circule între sursă și grilă.



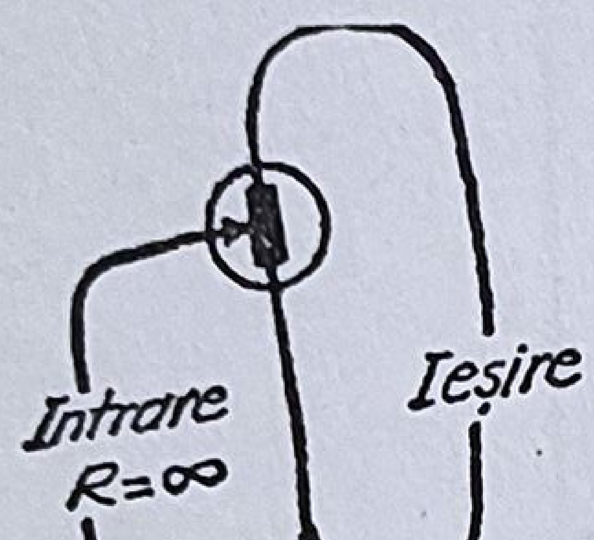
CURIOSUS : Nici pomeneală ! De fapt, în aceste tranzistoare, grila sau poarta este formată din impurități opuse celor semiconductorului de bază și care au fost introduse în acesta prin difuzie. În momentul în care semiconductorul de bază este de tipul *n*, grila este formată din două zone cu impurități *p*. Ori, în cazul în care joncțiunii *p-n*, astfel formată i se aplică o tensiune care negativează porțiunea *p* față de porțiunea *n*, joncțiunea constituie pentru curent, un obstacol de netrecut. În orice caz, curentul care ar trece ar fi neglijabil, fiind de ordinul nanoamperului (10 A).



De altfel există tranzistoare cu efect de cîmp la care grila este constituită din plăci de aluminiu separate de semicon-

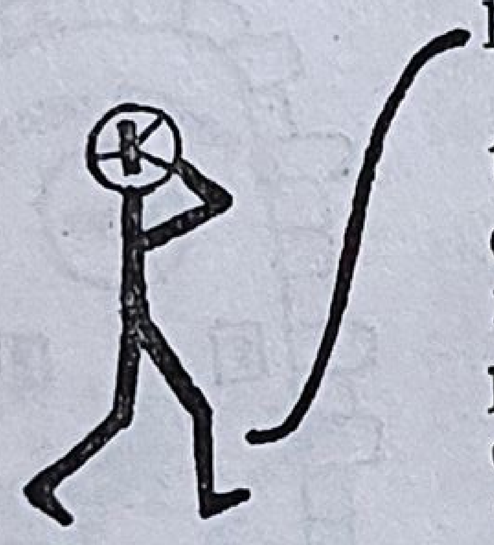
ductor, prin niște straturi foarte subțiri de material izolant, ca de exemplu bioxidul de siliciu.

IGNOTUS : Din ce în ce mai mult constat cît de mare este asemănarea între tranzistorul cu efect de cîmp și triodă. În aceasta din urmă, între grilă și catod nu trece nici un fel de curent. În acest scop, grila este polarizată negativ față de catod. Amplificarea se datorește numai variației curentului anodic, provocată de variațiile potențialului grilei.



La tranzistorul cu efect de cîmp, de asemenea, în circuitul de intrare, respectiv între sursă și grilă nu există nici un fel de curent. Potențialele variabile ale grilei determină variațiile intensității curentului de drenă sau de canal.

Fenomenele ce se petrec în aceste tranzistoare sînt mult mai avantajoase decît cele din tranzistoarele ordinare, în care curenții de intrare care trebuie amplificați se obosesc prin creierea curentului bază-emitor, fapt ce necesită o pierdere de putere.



CURIOSUS : Acesta este într-adevăr motivul pentru care tranzistoarele cu efect de cîmp sînt utilizate destul de des în etajele de intrare ale receptoarelor. Datorită acestui fapt, semnalele foare slabe, captate de către antenă nu trebuie să-și mai piardă din energie și sînt amplificate corespunzător. Vezi deci că, exact ca și la triodă rezistența de intrare a acestui tip de tranzistor este aproape infinită.

PANTA TRANZISTORULUI

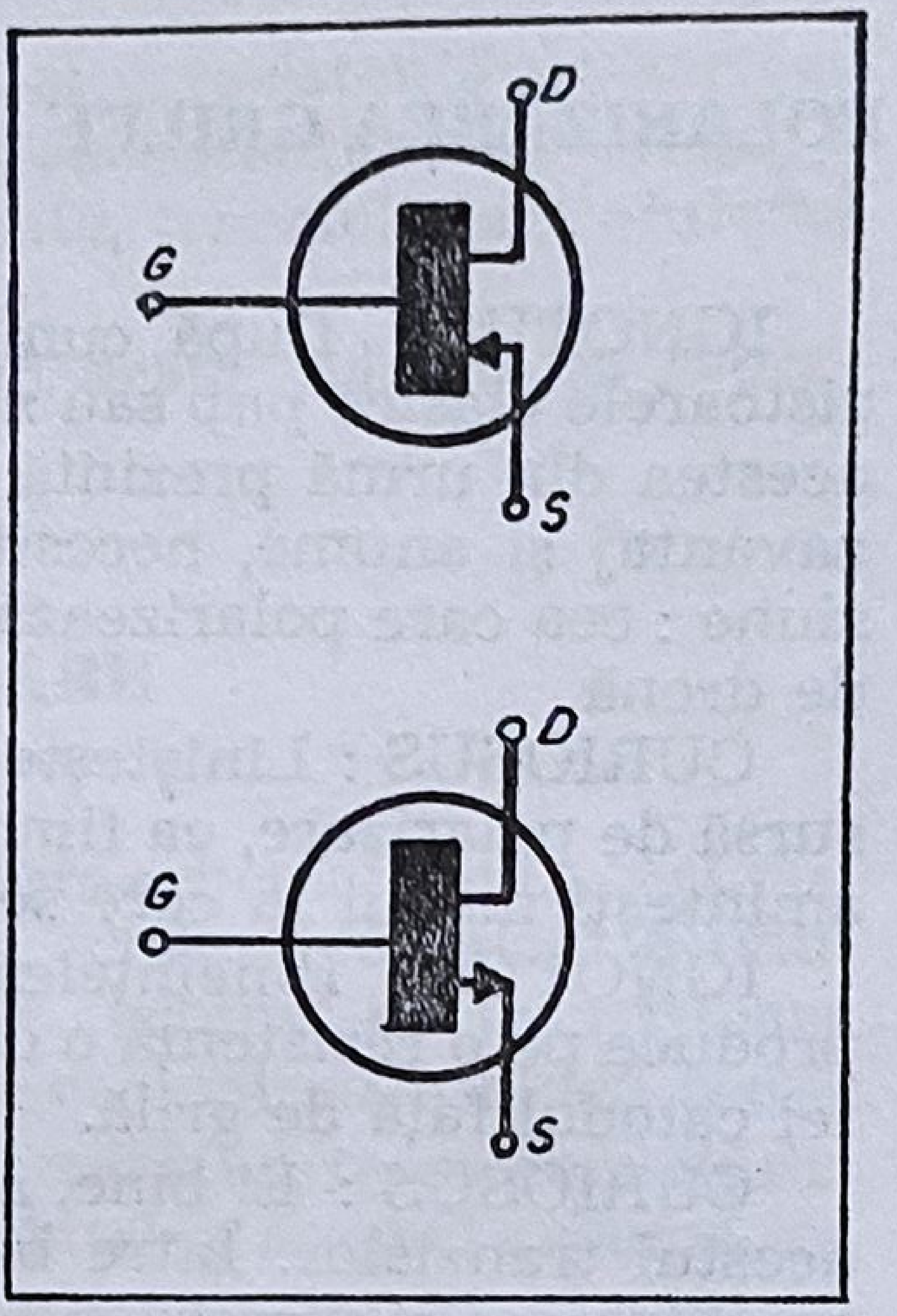
IGNOTUS : Spune-mi te rog cum se poate măsura, în acest caz variația curentului de drenă funcție de variațiile potențialului grilei ?

CURIOSUS : Pentru aceasta îți voi desena schema foarte simplă care se realizează în acest scop. Dar mai întîi, am să-ți arăt simbolurile grafice ale tranzistoarelor cu efect de cîmp. Conform polarității semiconductorului, săgeata care simbolizează grila este îndreptată într-un sens sau altul.

Iată, în sfîrșit și montajul care te interesează. Vezi că potențialul aplicat grilei poate fi variat cu ajutorul potențiometrului P, conectat în paralel pe bateria care asigură tensiunea necesară. Un voltmetru ne indică valoarea tensiunii de polarizare V_p aplicată între grilă și sursă.

Pe de altă parte un miliampermetru permite măsurarea intensității curentului de drenă I_d, creat de bateria V_d.

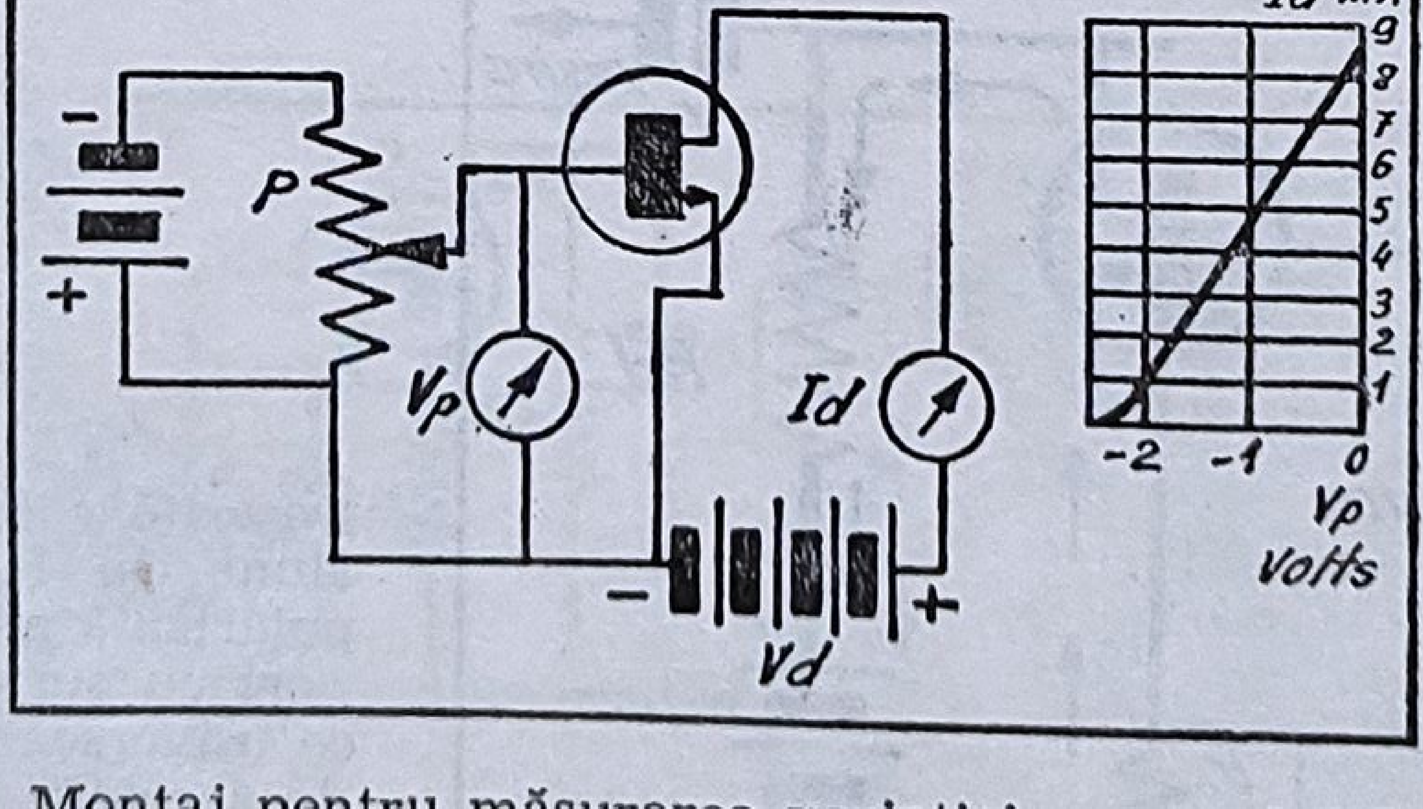
Prin măsurări succesive, se poate trasa curba ce indică variația curentului I_d funcție de V_p. Vei constata că o mare por-



Simboluri pentru tranzistoare cu efect de cîmp.

țiune din această curbă este rectilinie. Ea permite deci determinarea valorii pantei tranzistorului.

Vezi că în momentul în care V_p își schimbă valoarea de la —2V la —1V, intensitatea lui I_d crește de la 1 mA la aproximativ 5 mA. În acest punct panta tranzistorului este de aproape 4mA/V. Nu este o valoare mare. În schimb la unele tranzistoare cu efect de cîmp ea poate atinge mărimi de cîteva zeci de miliamperi pe volt.

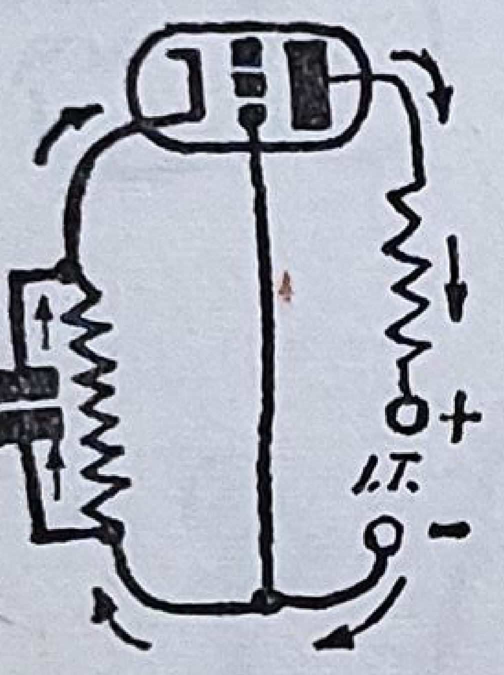


Montaj pentru măsurarea variației curentului I_d funcție V_p, într-un tranzistor cu efect de cîmp de tip n. V_p se aplică între grilă și sursă. Valoarea ei este stabilită prin potențiometru P. Curba astfel obținută se aseamănă cu curba caracteristică a triodei $I_a = f(V_g)$.

POLARIZAREA GRILEI

IGNOTUS : După cum văd, făcînd comparaţie între tranzistoarele clasice *pnp* sau *npn* şi tranzistoarele cu efect de cîmp, acestea din urmă prezintă destule avantajii. Au însă şi un dezavantaj şi anume, necesitatea utilizării a două surse de tensiune : cea care polarizează grila şi cea care generează curentul de drenă.

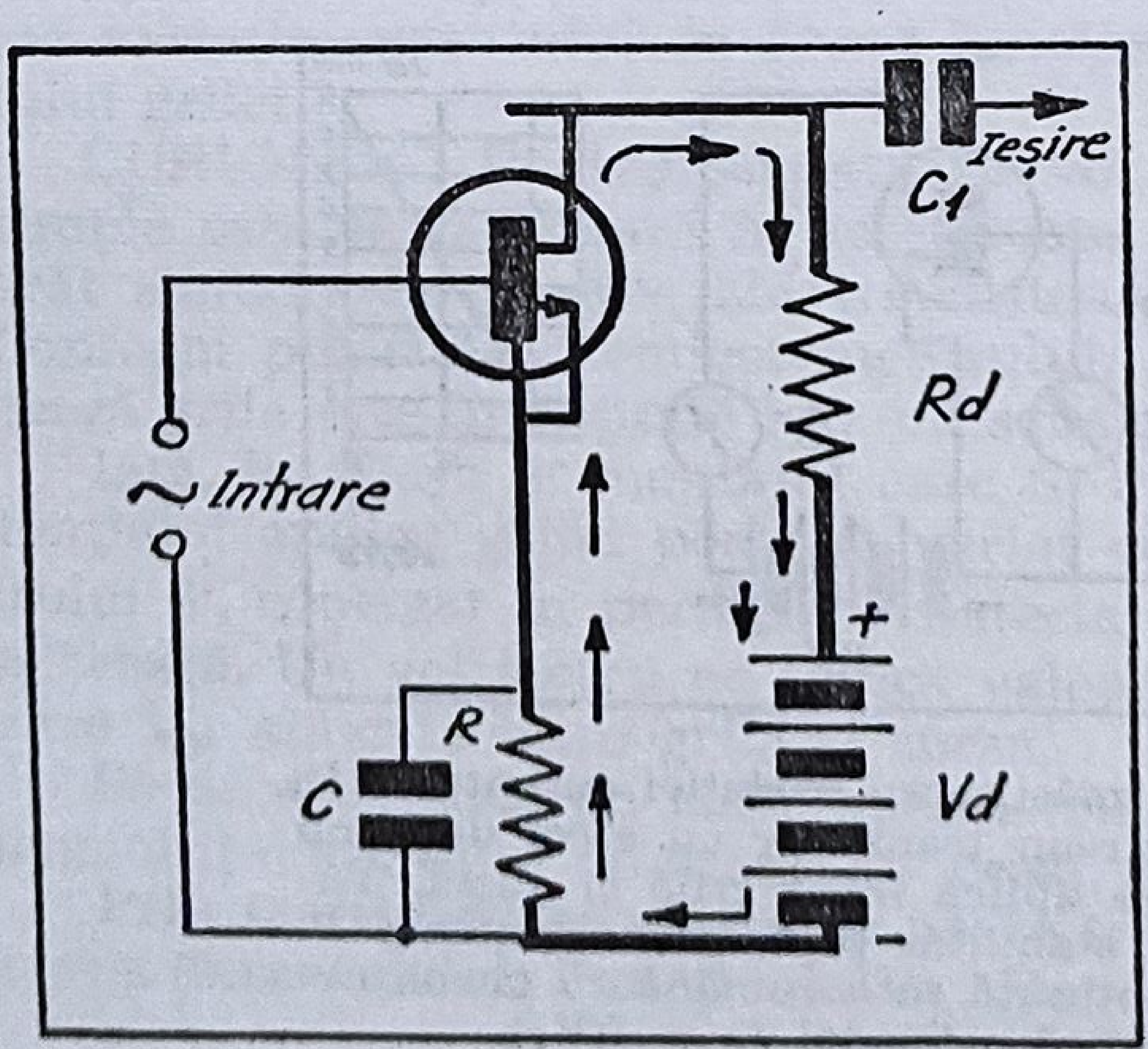
CURIOSUS : Linişteşte-te, Ignotus, este suficientă numai o sursă de polarizare, ea fiind aceia a curentului de drenă. Îţi mai aminteşti modul în care se negativa grila unei triode ?



IGNOTUS : Bineînţeles. Cu ajutorul curentului anodic care produce pe o rezistenţă o cădere de tensiune, pozitivînd în acest fel catodul faţă de grilă.

CURIOSUS : Ei bine, acelaşi lucru îl vom realiza şi în cazul acestui tranzistor. Între bază şi polul negativ al tensiunii V_p, vom intercala o rezistenţă *R*, pe care în paralel se conectează un condensator *C*, ce serveşte la scurtcircuitarea componentei variabile a curentului de drenă. Componenta continuă a acestuia, trecînd prin rezistenţa *R*, produce o cădere de tensiune ce pozitivează sursa tranzitorului faţă de polul negativ al bateriei, sau cu alte cuvinte sursei i se aplică o tensiune mai puţin negativă decît tensiunea polului negativ al bateriei.

Ori grila este conectată tocmai la acest pol al bateriei prin intermediul sursei de semnal. În aşa fel încît grila este mai negativă decît sursa.



Datorită căderii de tensiune pe R, grila este polarizată negativ în raport cu sursa. Curenţii ce traversează rezistenţa de sarcină R_d dau naştere unor tensiuni alternative, care se transmit la ieşirea etajului amplificator prin intermediul condensatorului C_1.

În schema mea, am mai conectat şi o rezistenţă de sarcină *R*, rezistenţă care produce prin trecerea curenţilor de drenă, o cădere de tensiuni variabile amplificate, transmise cu ajutorul condensatorului *C*, etajului următor.

IGNOTUS : În concluzie, aşa cum arată, schema ta reprezintă de fapt un etaj de amplificare.



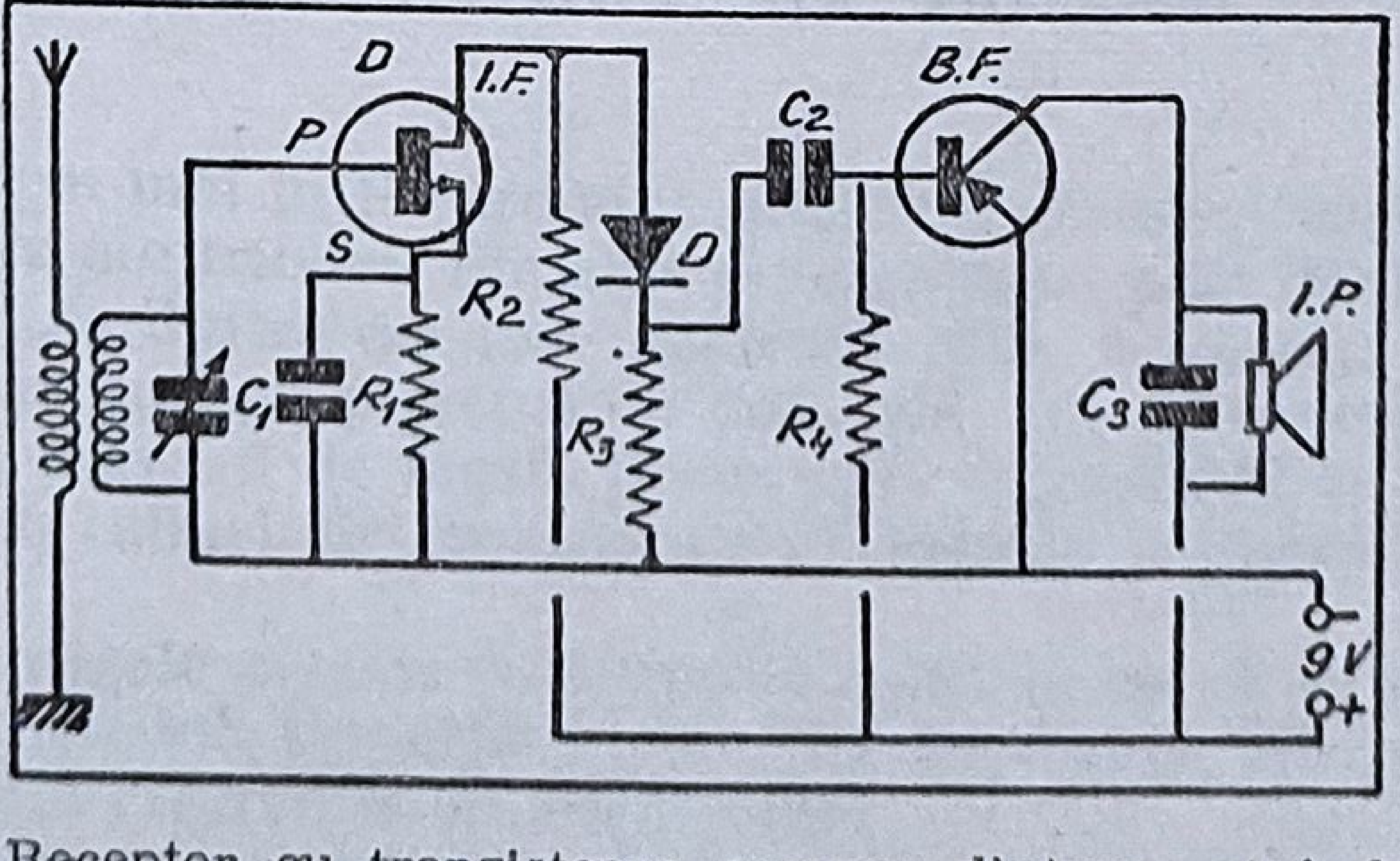
RADIORECEPTOR CU TRANZISTOARE

CURIOSUS : Ai dreptate, însă foarte schematizată... Aşi putea totuşi, dacă vrei, să-ţi arăt acum schema completă a unui receptor care cuprinde un etaj de I.F., echipat cu tranzistoare cu efect de cîmp, un etaj de detecţie echipat cu o diodă semiconductoare şi un etaj de J.F. ce utilizează un tranzistor clasic.

IGNOTUS : Constat cu plăcere că înţeleg această schemă tot atît de bine ca şi romanele lui Mihail Sadoveanu şi că o citesc cu tot atît de multă plăcere...

Rezistenţa R_1 serveşte la negativarea grilei faţă de sursă a primului tranzistor. Semnalele de I.F. captate de antenă se aplică între aceşti doi electrozi, prin intermediul condensatorului C_1.

Trecerea curentului de drenă prin R_2, realizează pe aceasta o cădere de tensiune de I.F. ce se aplică diodei *D* care realizează funcţia de detecţie. Semnalele detectate de J.F. dau naştere la rîndul lor unei căderi de tensiune pe rezistenţa R_3, tensiune, care prin condensatorul C_2, se aplică între baza şi emi-



Receptor cu tranzistoare compus dintr-un etaj de I.F. cu tranzistor cu efect de cîmp, dintr-o diodă semiconductoare şi dintr-un etaj de J.F.

torul tranzistorului de joasă frecvență. Baza acestuia este negativată prin R_4. Curentul de colector alimentează difuzorul, pe care, în acest fel îl face să funcționeze.

Am spus multe prostii ?

CURIOSUS : Nici una ! Analiza pe care ai făcut-o schemei este perfect identică cu cea pe care aşi fi făcut-o chiar eu. Te felicit și, pentru a-mi păstra această impresie bună, hai să terminăm aci convorbirea noastră.

Profesorul Radiol analizează :

Cele trei montaje fundamentale ale tranzistoarelor

Ori care ar fi funcțiunile îndeplinite de tranzistoare, utilizarea lor se bazează întotdeauna pe unul din cele trei montaje fundamentale descrise aci, montaje ce prezintă o anumită analogie cu montajele corespondente ale triodelor.

Împărtășind sentimentele nepotului meu Curiosus, constat cu satisfacție, dragă Ignotus, că ai înțeles foarte bine funcționarea tranzistoarelor cu efect de cîmp, lucru pentru care te felicit.

Dar să revenim acum la tranzistoarele clasice, acelea compuse din emitor, bază și colector. Am să vă explic cele trei montaje fundamentale și utilizarea lor. Și, deoarece ați sesizat atît de bine analogia existentă între tranzistor și triodă, voi face expunerea mea bazîndu-mă pe această similitudine.

SCHEMELE FUNDAMENTALE ALE TRIODEI

Să vedem mai întîi care sînt cele trei scheme fundamentale de utilizare ale triodei. Ele sînt determinate prin conectarea la *masă* a unuia dintre cei trei electrozi. Prin termenul conectare la masă se înțelege punctul cu potențial fix care este legat în general la punctul de masă, punct care reprezintă în aparatele echipate cu tuburi electronice, polul negativ al sursei de înaltă tensiune.

În montajele clasice, electrodul legat la masă în mod obișnuit este catodul. Conectarea se face fie direct, fie prin intermediul unei rezistențe de polarizare.

În schema desenată prin litera C, de altfel la fel ca și în celelalte, am simplificat reprezentarea, polarizînd grila cu aju-

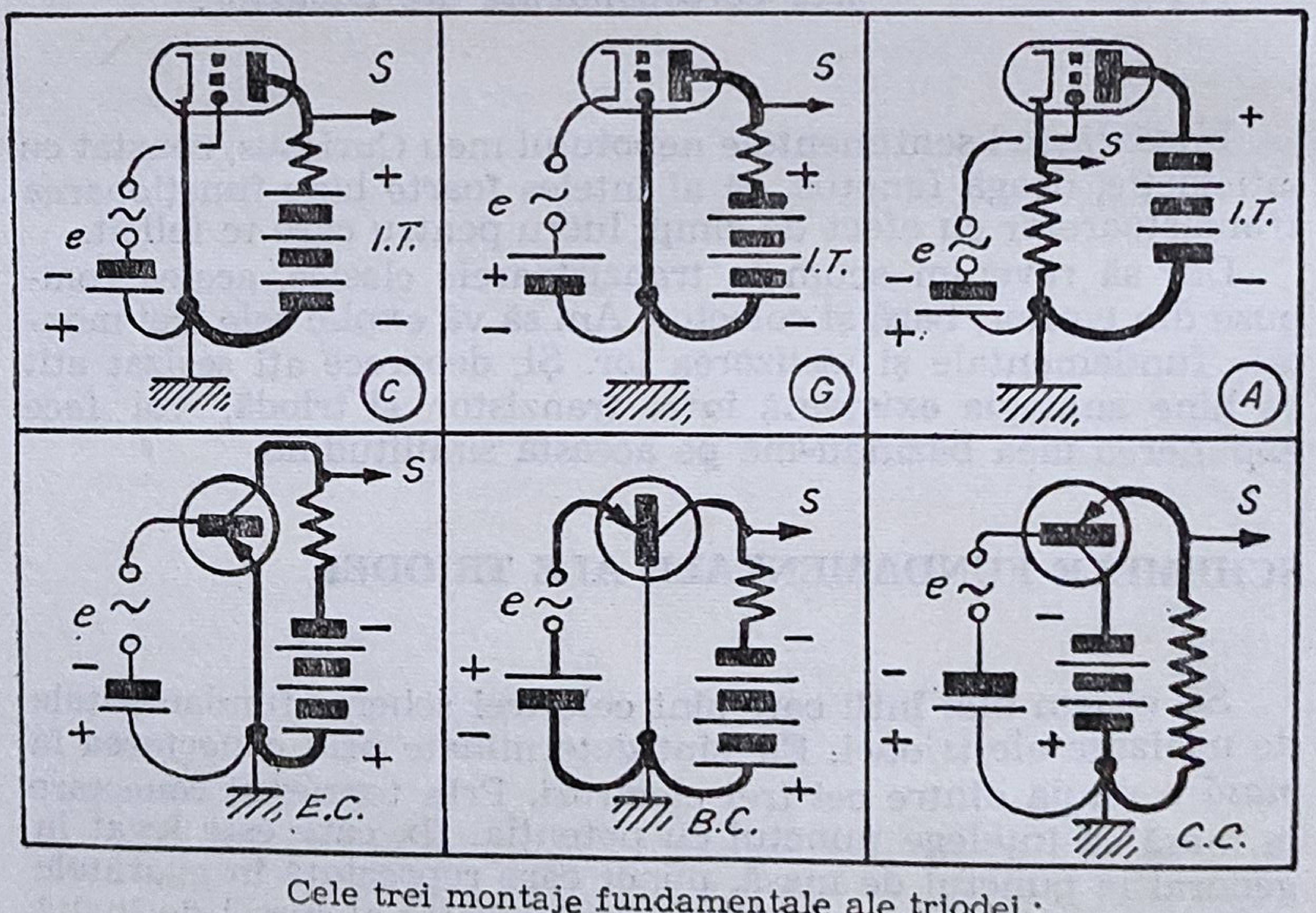
torul unei baterii. Am trasat cu linii groase circuitul parcurs de curentul anodic. În acest circuit am plasat o rezistență de sarcină (care de altfel poate fi înlocuită cu orice impedanță), pe care ia naștere prin trecerea curentului anodic căderea de tensiune variabilă, cu care se atacă etajul următor (vezi săgeata S).

Schema C este, după cum dealtfel v-am mai spus, schema cea mai utilizată deoarece variațiile potențialului față de masă se aplică pe grilă.

Se poate însă realiza și inversul, conform schemei G, în care potențialul grilei este fix (grila la masă). Variațiile potențialului de intrare (semnalele) ce urmează a fi amplificate sînt aplicate pe catod.

Și anodul poate fi conectat la masă prin intermediul sursei de alimentare. Acesta este cazul exemplificat de schema A. În acest caz impedanța de sarcină este plasată între catod și masă.

Nu fi surprins dragă Ignotus, examinînd această schemă. În realitate, cunoști montajul, deoarece sub o formă mai puțin obișnuită am desenat schema repetorului catodic.



Cele trei montaje fundamentale ale triodei :

C — cu catod comun ;
G — cu grilă comună ;
A — cu anod comun.

Cele trei montaje fundamentale a tranzistorului :

B.C. — bază comună ;
E.C. — emitor comun ;
C.C. — colector comun.

MONTAJUL CU EMITOR COMUN

Ei bine, pentru că pînă acum ați analizat cu atenție cele trei scheme fundamentale de utilizarea triodei, să trecem la montajele similare cu tranzistoare. Ele se numesc „Emitor Comun“, „Bază comună“, și „Colector comun“.

Electrodul ce aparține atît circuitului de intrare cît și circuitului de ieșire, se numește electrod comun. În plus, acesta este electrodul ce posedă potențialul fix, fiind conectat la masă fie direct, fie printr-o sursă de alimentare de tensiune continuă.

Cel mai clasic montaj dintre cele trei este cel cu emitor comun, analog cu montajul triodei cu catod la masă. Vă mai amintiți că în acest montaj EC rezistența circuitului de intrare este relativ mică : cîteva sute de ohmi, fiind în cel mai bun caz 2.000 ohmi. În ceea ce privește rezistența de ieșire, ea este compusă din rezistența tranzistorului, între emitor și colector ; și are o valoare destul de ridicată cuprinsă între 10 și 100 kiloohmi.

Montajul emitor comun posedă o amplificare destul de bună. Semnalele de intrare (sau curenții variabili de intrare) dau naștere unor semnale de ieșire sau curenți de ieșire de 20 pînă la 200 ori mai mari. În ceea ce privește variațiile de tensiune, amplificarea lor este de ordinul sutelor. Vreau să spun că puterea (despre care știți că este produsul dintre curent și tensiune) beneficiază în acest montaj de o amplificare de ordinul miilor.

Mai pot menționa că variațiile potențialului bazei sînt în opoziție de fază cu variațiile de potențial ale colectorului sau cu ale circuitului de ieșire. Într-adevăr, în momentul în care baza devine mai negativă, intensitatea curentului de colector scade, ceea ce ridică sau pozitivează potențialul colectorului.

MONTAJUL CU BAZĂ COMUNĂ

Să examinăm acum, montajul bază comună sau pe scurt BC. În acest caz, potențialul bazei este menținut la o valoare constantă (cea a masei sau zero), semnalele variabile ce urmează a fi amplificate aplicîndu-se pe emitor. Vă veți închipui deci că în aceste condiții, variațiile potențialului de colector sînt în fază cu cele ale potențialului de emitor. În momentul în care potențialului emitorului devine mai negativ, curentul de colector

scade, căderea de tensiune pe rezistența de sarcină scade, ceea ce are ca efect o negativare mai mare a colectorului.

Să vedem mai departe valoarea rezistenței de intrare a acestui montaj. Variațiile de tensiune aplicate între emitor și masă determină, bineînțeles, variațiile curentului de emitor, în timp ce în cazul montajului EC pentru calculul rezistenței de intrare se ține seama numai de curentul de bază care trecea prin circuitul de intrare.

Ori, în montajul BC în circuitul de intrare trece curentul de emitor care are o valoare net mai mare decît cel de bază, fiind de fapt suma curentului de colector și a celui de bază.

În aceste condiții și conform legii lui Ohm, prin împărțirea variațiilor de tensiune la variațiile de curent, valoarea rezultată a rezistenței de intrare are o valoare foarte mică, fiind de ordinul a cîtorva zeci de ohmi, nedepășind niciodată o sută de ohmi.

Variațiile curentului de emitor (care, repet este suma dintre curentul de colector și cel de bază) sînt mult mai mari decît variațiile curentului de colector. Cu alte cuvinte, în acest caz este vorba de o slăbire (micșorare) a amplificării în curent.

În schimb, în privința tensiunii, aceasta beneficiază în acest montaj de o amplificare foarte mare. Acest lucru este rezultatul rezistenței mari pe care o posedă circuitul de ieșire, valoarea acestei rezistențe fiind cuprinsă între 0,5 și 2 megohmi. În aceste condiții, valoarea rezistenței de sarcină trebuie deasemenea să fie foarte mare.

Cele mai mici variații ale curentului de colector, realizează variații foarte mari ale tensiunii. Iată de ce amplificarea în tensiune este de ordinul sutelor sau chiar miilor.

Din cauza rezistenței sale mari de ieșire, montajul B.C. este indicat în mod special pentru atacarea circuitelor ce posedă o impedanță ridicată.

MONTAJUL CU COLECTOR COMUN

În sfîrșit, să vedem acum funcționarea montajului cu colector comun sau C C. În acest caz circuitul de intrare este identic cu circuitul de ieșire al montajului BC. Aceasta deoarece rezistența sa de intrare are o valoare foarte mare, fiind cuprinsă între mai multe sute de kiloohmi și un megohm. În schimb rezistența circuitului de ieșire are o valoare foarte mică, deoarece ea este aceea care separă emitorul de colector, nedepășind o jumătate de kiloohm.

Din cele expuse mai sus vă veți închipui că variațiile curentului de intrare vor da naștere unor variații foarte puternice ale curentului din circuitul de ieșire. Astfel factorul de amplificare în curent al acestui montaj este cuprinsă între 20 și 200.

În schimb amplificarea în tensiune este puțin subunitară deoarece exact ca și la montajul echivalent cu tuburi sau repetorul pe catod, variațiile tensiunii de ieșire sînt aproape egale cu variațiile tensiunii de intrare, deoarece valoarea rezistenței de sarcină este foarte mică. Astfel că, pe o rezistență foarte mică, chiar variațiile de curent foarte mari nu produc decît variații mici ale tensiunii ce cade pe ea.

Veți constata că aceste variații (de curent sau tensiune) sînt în fază față de semnalele de intrare.

Dar, în final, la ce poate servi un montaj în care de fapt nu amplifică tensiunile ? El este utilizat în cazurile în care se pune problema atacării unor circuite a căror impedanță de intrare are o valoare mică și din această cauză necesită variații mari ale curentului.

După cum vedeți, trebuie ca întotdeauna să se țină seama de adaptarea impedanței de ieșire a primului etaj cu cea de intrare a următorului.

Acum deoarece cunoașteți cele trei montaje fundamentale ale tranzistoarelor, veți putea trece ușor la analiza diverselor scheme practice realizate cu aceste dispozitive.

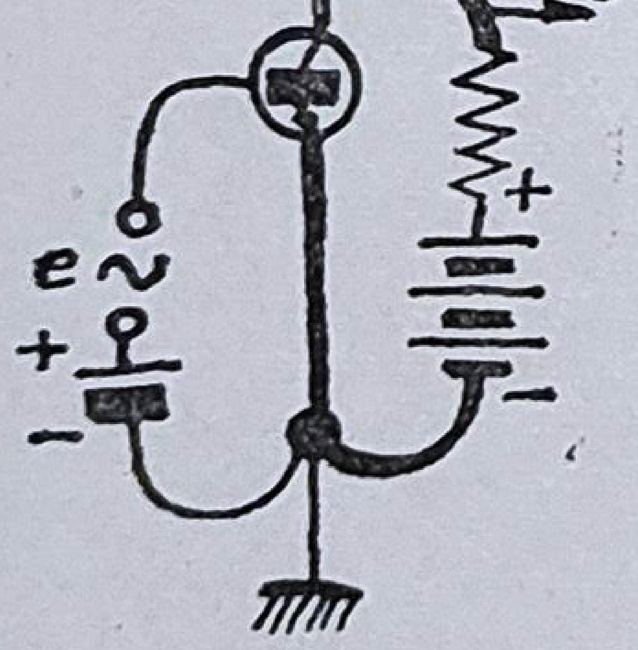
Curaj și succes !

Convorbirea a 12-a

Legătura intrare-ieşire, reacţia

Cuplarea a două etaje echipate cu tranzistoare ridică unele probleme faţă de cele cu tuburi electronice, dat fiind că rezistenţa lor de intrare posedă o valoare relativ mică. Curiosus va încerca să explice aci modul de cuplare a două etaje de amplificare, ca după aceea să prezinte diverse montaje cu reacţie. În cazul tranzistoarelor, reacţia nu serveşte numai la micşorarea factorului de distorsiuni, ci şi la compensarea efectului de temperatură.

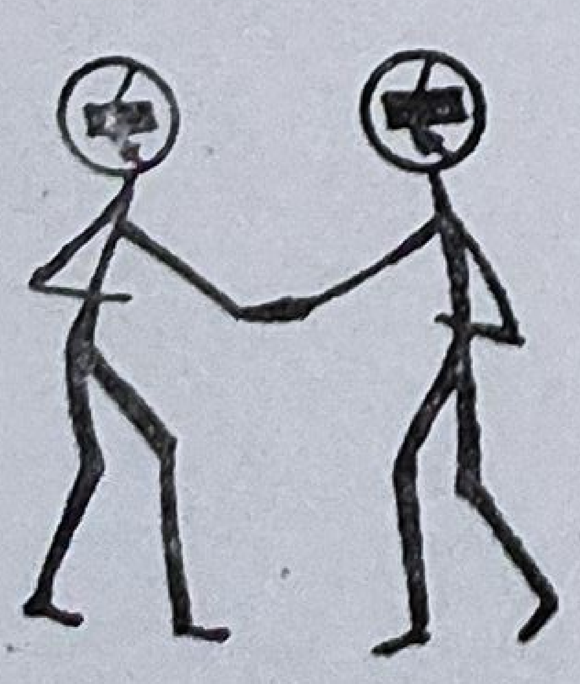
ANALOGII ŞI DIFERENŢE



IGNOTUS: Explicaţiile date de unchiul tău asupra celor trei montaje fundamentale ale tranzistoarelor au fost foarte interesante. Totuşi ele nu privesc decît tranzistoarele de tip *pnp*. Aş vrea să ştiu dacă pentru cele de tip *npn* ne mai putem baza pe ele.

CURIOSUS: Bineînţeles, însă cu condiţia schimbării polarităţii surselor de tensiune continuă care figurează în schemele respective.

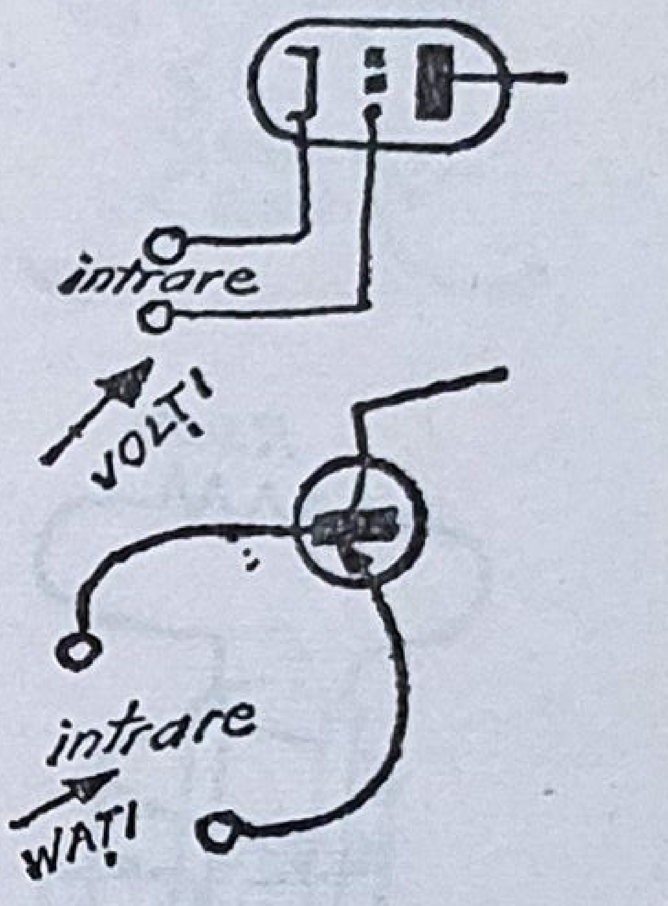
În practică se utilizează o singură baterie, polarizarea bazei fiind asigurată printr-o cădere de tensiune pe o rezistenţă sau printr-un divizor de tensiune, format din două rezistenţe legate în serie şi conectate la polii bateriei.



IGNOTUS: Deoarece toate cele trei montaje fundamentale ale tranzistoarelor sînt similare celor cu triode, îmi închipui că toate schemele de amplificare, atît cele de joasă frecvenţă, cele de înaltă frecvenţă, schimbătoarele de frecvenţă cît şi cele de detecţie pe care le-am studiat la tuburi, pot fi aplicate şi aparatelor echipate cu tranzistoare.

CURIOSUS : Cred dragul meu, că tragi concluzii prea pripite. Analogie nu înseamnă identitate. Uiţi că tranzistoarele posedă unele caracteristici cu totul diferite de cele ale tuburilor electronice. Aceasta din urmă au rezistenţa de intrare infinită, iar cea a tranzistoarelor este destul de mică.

În cazul tuburilor electronice, fiecare etaj trebuie să furnizeze următorului, numai variaţii de tensiune. În cazul tranzistoarelor însă, etajul precedent trebuie să furnizeze o anumită putere, deoarece variaţiile de tensiune provoacă trecerea unor curenţi în circuitul de intrare al etajului următor.



IGNOTUS : Într-adevăr, acest fapt schimbă totul. Şi numai acum înţeleg de ce, în explicaţiile sale, unchiul tău insista atît de mult asupra rezistenţelor de intrare şi ieşire, a fiecărui montaj fundamental. De altfel a şi subliniat necesitatea unei bune adaptări a impedanţelor respective.

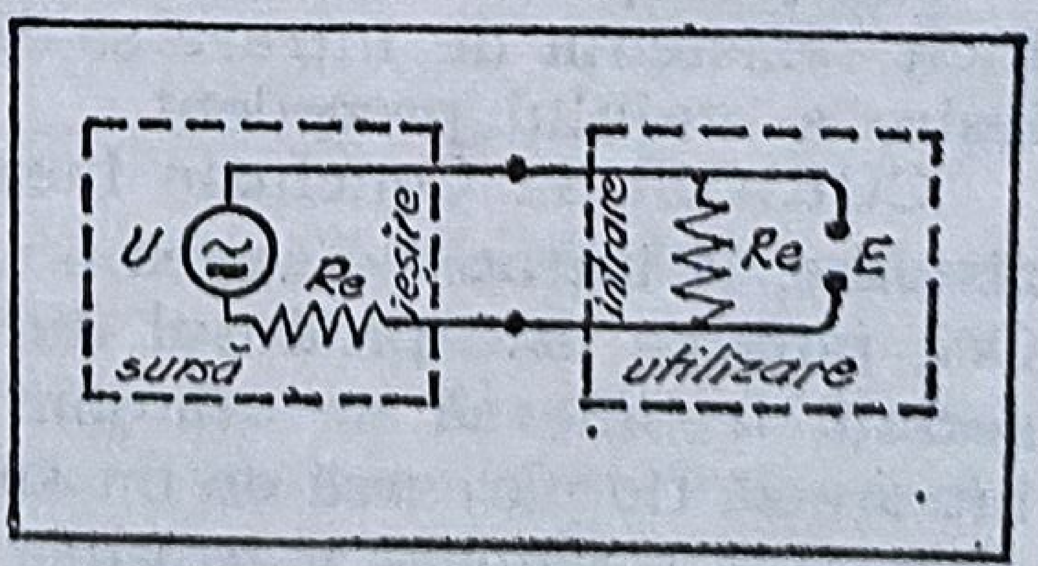
CONCORDANŢA ÎNTRE SURSA DE POLARIZARE ŞI UTILIZAREA CIRCUITULUI

CURIOSUS : Acesta este de fapt un principiu general în toate domeniile electricităţii şi electronicii. Acest principiu constă în faptul că întotdeauna în aceste domenii trebuie să se facă bine diferenţa între *sursa de alimentare* şi *utilizare*. Conform acestui principiu bateria este o sursă de alimentare, iar receptorul reprezintă utilizarea sursei.

Ori, însăşi sursa de alimentare posedă o rezistenţă internă, R_i care are o valoare mai mare sau mai mică. Tensiunile continue sau variabile, care iau naştere în interiorul sursei sînt denumite *tensiuni electromotoare*.

IGNOTUS : De fapt aceasta este tensiunea pe care o măsurăm la bornele bateriei ?

La sursa de tensiune U, ce posedă o rezistenţă internă R_i, se conectează circuitul de utilizare a cărui rezistenţă de intrare este R_e. Tensiunea ce apare la intrarea circuitului este E.



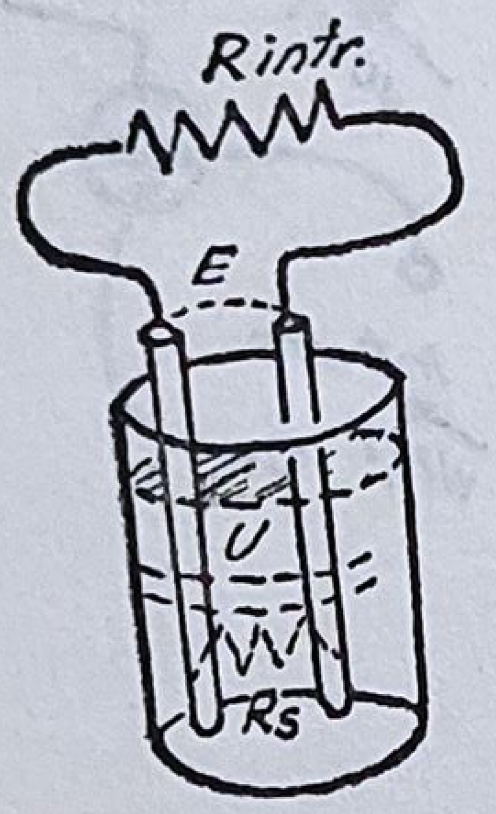
CURIOSUS : Nu, Ignotus. Curentul care traversează baterie provoacă în rezistenţa internă a acesteia, o cădere de tensiune,

astfel încît la bornele bateriei apare o tensiune egală cu diferența dintre tensiunea electromotoare și căderea de tensiune pe rezistența internă.

IGNOTUS : Totuși, în cazul în care prin baterie nu circulă nici un curent, deci în momentul în care ea nu este conectată...

CURIOSUS : În acest caz, ai dreptate, la bornele bateriei, apare tensiunea sa electromotoare în întregime deoarece pe rezistența sa internă nu există nici o cădere de tensiune.

Iată dece, un voltmetru măsoară exact tensiunea electromotoare a unei baterii, numai în cazul în care aparatul posedă o rezistență internă foarte mare, pentru a nu permite trecerea curentului sau practic, curentul care l-ar parcurge ar trebui să fie efectiv foarte mic.



Să vedem acum ce se petrece cînd sursei i se conectează un circuit de utilizare, ce posedă o rezistență de intrare R_{int}.

IGNOTUS : Constat că rezistența internă a sursei R_s și rezistența R_{int} a circuitului de utilizare sînt conectate în serie astfel încît curentul ce ia naștere în circuit, datorită tensiunii electromotoare U, le traversează pe amîndouă succesiv.

CURIOSUS : Așa este. Iar pe fiecare din aceste rezistențe curentul determină o cădere de tensiune proporțională cu valoarea acestora.

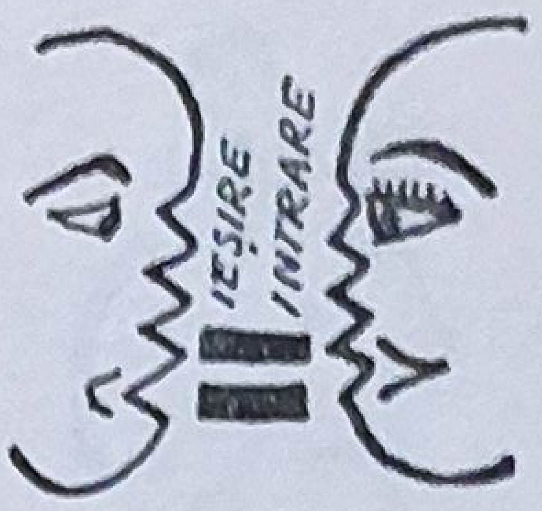
IGNOTUS : Exact. În sfîrșit, de-abia acum înțeleg unde vrei să ajungi. Dacă rezistența de utilizare (sau de sarcină) R_{int} este foarte mare, în timp ce aceea a sursei R_s este foarte mică, aproape toată tensiunea electromotoare va apare sub forma unei tensiuni E la bornele rezistenței de utilizare R_{int} .

Este exact cazul tuburilor electronice, a căror rezistență de intrare este infinită. Pe această rezistență se aplică tensiunile provenite din ieșirea etajului precedent.

Dar, în general, tranzistoarele au o rezistență de intrare foarte mică. În consecință, dacă rezistența de ieșire a etajului precedent este relativ mare, pe intrarea etajului următor tensiunea aplicată E va fi destul de mică.

Îmi închipui deci, că aceste circuite trebuie concepute astfel încît rezistența de intrare să fie mult mai mare decît cea de ieșire a etajului precedent.

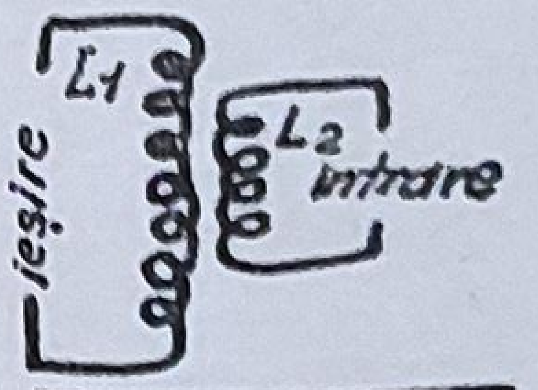
CURIOSUS : Concluzie inexactă, Ignotus. Uiți că la tranzistoare, la intrare se aplică o anumită putere și nu o tensiune. Ori, puterea este produsul dintre curent și tensiune. În consecință trebuie să ne aranjăm în așa fel, încît rezistența de intrare să fie parcursă de un anumit curent (deci ea nu trebuie să posede o valoare mare) dar pentru ca acest curent să creieze pe această rezistență o cădere de tensiune, valoarea ei nu trebuie să fie nici prea mică.



Cele expuse mai sus îţi explică, în sfîrşit, de ce este atît de important ca valoare rezistenţa de intrare a etajului atacat să fie pe cît posibil, egală cu ce a de ieşire a etajului precedent. În acest fel se obţin atît o tensiune cît şi un curent de valori suficiente, pentru ca puterea aplicată tranzistorului să-l facă să funcţioneze în condiţii optime.

MIJLOCUL IDEAL PENTRU ADAPTAREA IEŞIRII LA INTRARE

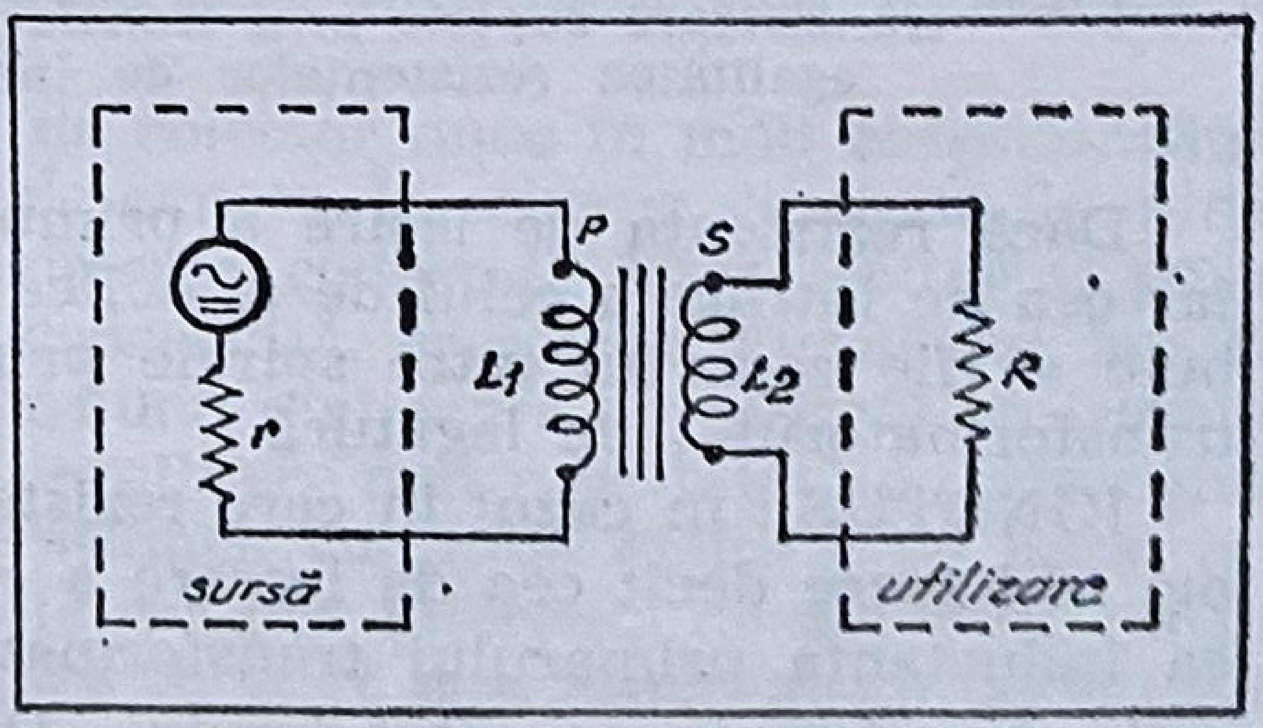
IGNOTUS : Înţeles ! De altfel, îmi închipui, că ceea ce spui nu se referă numai la rezistenţele ohmice, dar într-un mod general la toate impedanţele, indiferent de natura lor. Şi totuşi, această condiţie sau obligaţie de a avea impedanţe egale la ieşirea unui etaj şi la intrarea următorului, limitează posibilităţile de cuplare a diverselor etaje.



$$Z=2\pi fL$$

CURIOSUS : Ascultă-mă, Ignotus, cred că nu vrei să gîndeşti. Tu nu-ţi poţi închipui că există şi dispozitive care pot efectua transformarea impedanţelor, lucru ce dă posibilitatea de a cupla două etaje a căror impedanţe nu s-ar putea adapta ?

IGNOTUS : M-am gîndit mult la acest lucru, dar nu-mi pot imagina ce mijloc anume s-ar putea utiliza în acest scop.



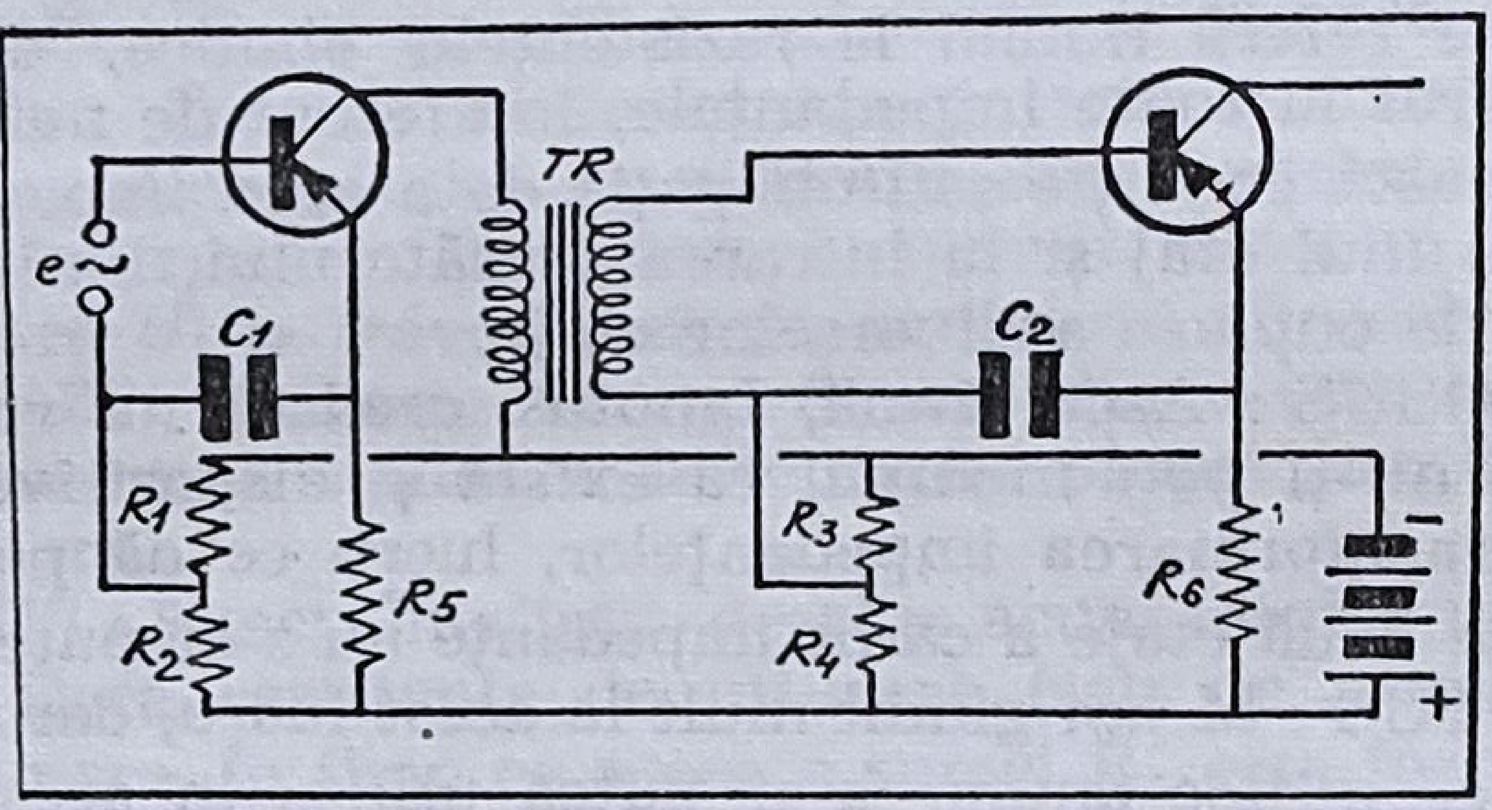
Utilizarea unui transformator între intrare şi ieşire permite adaptarea impedanţelor între sursă şi utilizare.

CURIOSUS : Nici mai mult, nici mai puţin decît un transformator. Primarul trebuie să aibă o inductanţă a cărei valoare să fie de acelaşi ordin de mărime cu rezistenţa internă a sursei ; la rîndul său inductanţa secundarului trebuie să fie aproximativ egală cu valoarea rezistenţei de utilizare. Se asigură astfel în cele mai bune condiţii adaptarea celor două etaje.

IGNOTUS : Îmi aduc aminte că inductanţa unei înfăşurări a transformatorului este proporţională cu coeficientul său de

autoinducție. La rîndul său acesta este proporțional cu pătratul numărului de spire. În așa fel încît, dacă bobinajul n_2 al secundarului transformatorului posedă de două ori mai multe spire decît primarul acestuia, inductanța sa va fi de patru ori mai mare. Aceasta va permite deci stabilirea unei legături între două etaje unde impedanța de intrare a celui de-al doilea este de patru ori mai mare decît impedanța de ieșire a etajului precedent.

CURIOSUS : Constat că ești foarte tare la matematică și ca urmare am să-ți dau o problemă. Iată o schemă care reprezintă două etaje de amplificare de joasă frecvență, echipate cu tranzistoare montate în emitor comun.



Amplificator de J.F. compus din două etaje cu tranzistoare cuplate prin transformator, ce asigură egalitatea rezistențelor de intrare și ieșire.

Dacă rezistența de ieșire a primului etaj este de 36 kΩ iar cea de intrare a celui de al doilea este de 1kΩ , care trebuie să fie raportul între spirele primarului și secundarului transformatorului de legătură ?

IGNOTUS : În cazul în care rezistența de ieșire este de 36 ori mai mare decît cea de intrare a etajului următor, trebuie ca inductanța primarului transformatorului să fie de 36 ori mai mare decît cea a secundarului. Dar deoarece, inductanța este proporțională cu patratul numărului de spire, este necesar ca primarul să aibă de 6 ori mai multe spire decît secundarul. În consecință raportul de transformare, n, va fi egal cu 6. În plus îți mulțumesc că ai ales astfel valorile rezistențelor, încît să nu întîmpin nici o greutate la extragerea rădăcinii patrate din raportul lor. În final raportul n de transformare între rezistențele R_{int} și R_s, se poate calcula cu formula

$$n = R_{int}/R_s$$

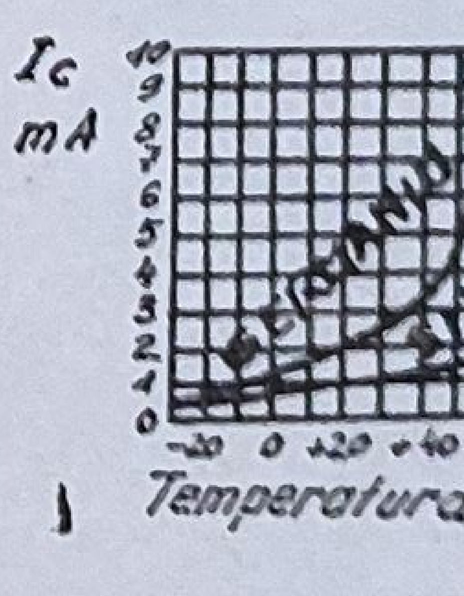


CURIOSUS : Dragă Ignotus, să-ţi spun drept, cred că ai înghiţit kilograme de peşte, fapt ce ţi-a îmbogăţit creierul în fosfor, pentru a fi în stare să faci asemenea raţionamente.

REACŢIA CONTRA CĂLDURII

IGNOTUS : Şi totuşi din păcate nu ai dreptate deoarece cred că nu posed cantitatea suficientă de fosfor necesară creierului meu şi iată dece : în schema prezentată de tine există lucruri pe care nu le înţeleg. Observ că bazele tranzistoarelor sînt polarizate cu ajutorul divizoarelor de tensiune, compuse din R_1 şi R_2 pentru primul tranzistor şi din R_4 şi R_3 pentru cel de al doilea. Îmi închipui de asemenea că condensatoarele C_1 şi C_2 servesc la scurtcircuitarea componentelor alternative ale curenţilor de intrare.

Spune-mi, însă, te rog, ce rol îndeplinesc rezistenţele R_5 şi R_6 conectate între emitori şi polul pozitiv al bateriei ?



CURIOSUS : Acestea servesc la reducerea efectului produs de creşterea temperaturii asupra curentului de colector. Trecerea acestui curent prin joncţiunile tranzistorului provoacă o anumită încălzire. Şi după cum bine ştii, semiconductoarele sînt foarte sensibile la variaţiile de temperatură. Odată cu creşterea ei, creşte şi I_c. Efectul creşterii curentului de colector odată cu creşterea temperaturii este mult mai pronunţat la germaniu decît la siliciu.

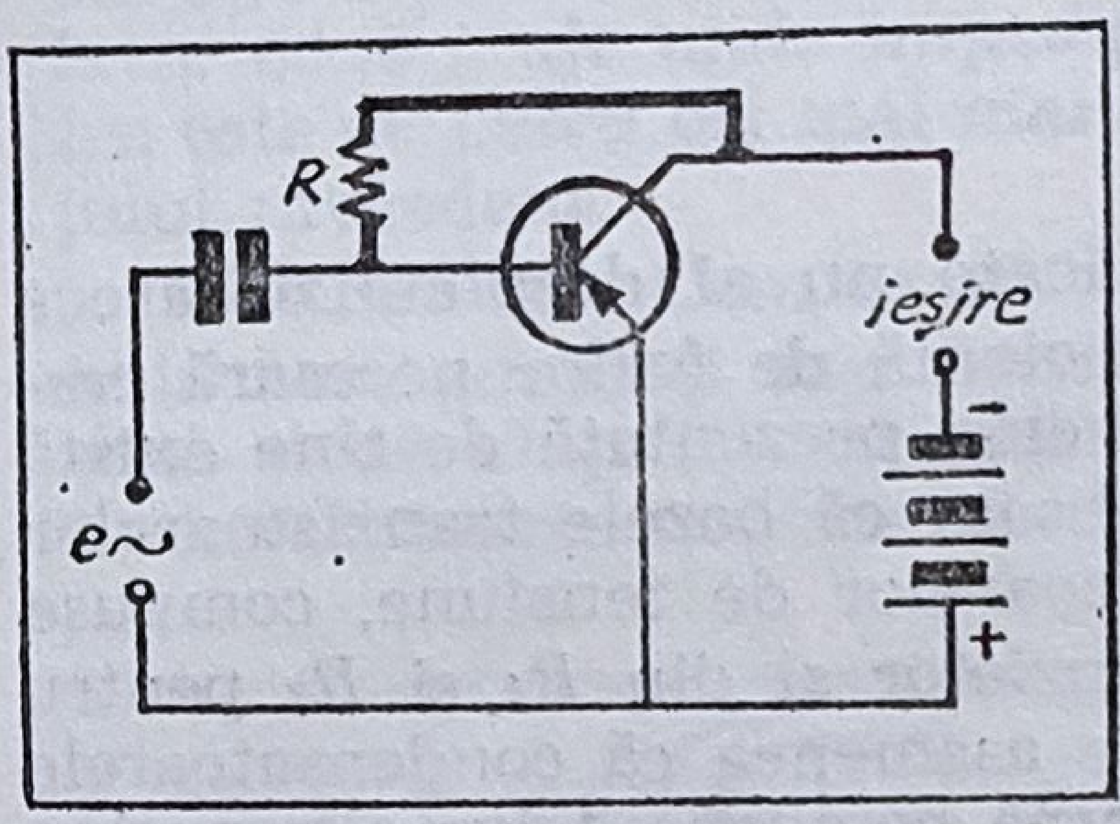
Creşterea curentului de colector duce în mod corespunzător la creşterea curentului de emitor. În schema desenată de mine, acesta trece şi prin rezistenţa conectată între emitor şi polul pozitiv al bateriei. În consecinţă, creşterea curentului are ca rezultat o cădere de tensiune mai mare pe această rezistenţă, fapt care conduce la o negativare mai pronunţată a emitorului.

Pe de altă parte, tensiunea continuă aplicată pe bază, rămîne constantă. În aceste condiţii diferenţa de potenţial dintre bază şi emitor scade, ceea ce duce la o micşorare a curentului de colector.

IGNOTUS : Ceea ce îmi spui mă amuză, deoarece o creştere a curentului de colector are ca efect în final o micşorare a sa, realizîndu-se prin aceasta un curent de intensitate constantă cu toată variaţia temperaturii.

CURIOSUS : De fapt, aci sîntem în prezenţa unei *reacţii negative*, deoarece I_c acţionează asupra lui însuşi, nu însă pentru a-şi mări amplitudinea variaţiilor sale, ci dimpotrivă pentru a le reduce la minimum.

Așa cum ai văzut în schema amplificatorului, reacția negativă este o *reacție serie*. Această reacție negativă se poate realiza însă și *în paralel*, aceasta fiind figurată în schema de mai jos.



Montaj cu reacție negativă paralel.

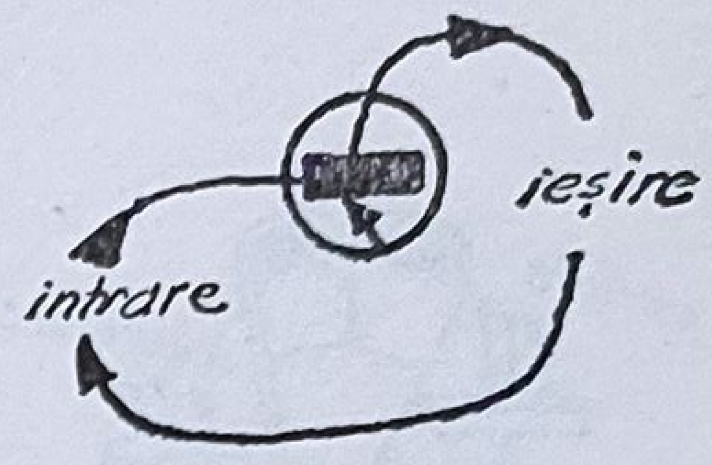
După cum vezi, aci, rezistența de reacție este conectată în paralel pe joncțiunea bază-colector. În acest caz ea trimite spre bază variațiile potențialului colectorului. În momentul în care intensitatea curentului crește din cauza încălzirii tranzistorului, potențialul continuu al colectorului devine mai puțin negativ (căderea de tensiune pe rezistența de sarcină crește); din această cauză pe bază prin *R* se aplică o tensiune mai puțin negativă. Această scădere micșorează diferența de potențial emitor-bază și în consecință reduce curentul de colector.

IGNOTUS: Reacția negativă îmi este foarte simpatică.

REACȚIA NEGATIVĂ LUPTĂ ÎMPOTRIVA DISTORSIUNILOR

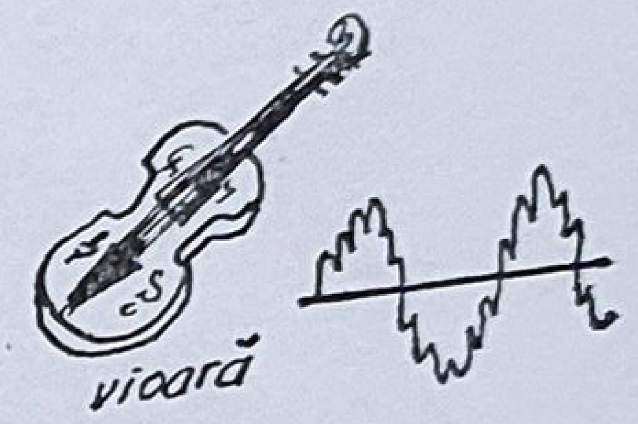
CURIOSUS: Dacă reacția negativă îți place chiar atît de mult, pot să-ți spun că tot la ea se face apel pentru reducerea distorsiunilor de joasă frecvență (J.F.). În acest caz, ea nu mai acționează asupra componentelor continue ale tensiunilor și curenților ci asupra componentelor variabile ale acestora. În consecință, acestea nu mai trec printr-un condensator conectat în paralel cu rezistența de reacție, ci circulă chiar prin ea. În acest fel pe această rezistență ia naștere nu numai o cădere de tensiune continuă, ci și una alternativă. Aceasta din urmă este în opoziție de fază cu tensiunea alternativă de semnal sau de intrare, ce urmează a fi corectată.

IGNOTUS: Spune-mi te rog care sînt însă efectele acestor distorsiuni pe care le combatem astfel?

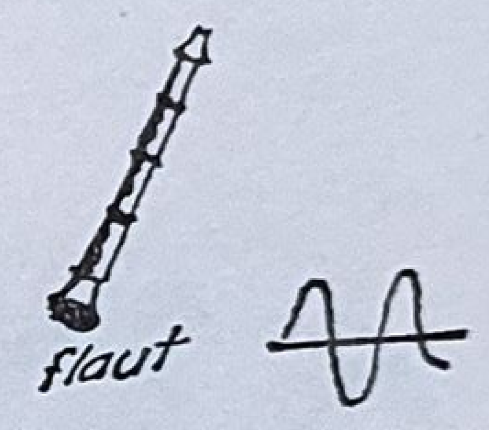


CURIOSUS : Atît în amplificatoarele cu tuburi electronice cît și în cele echipate cu tranzistoare, tensiunile de J.F. amplificate pot fi supuse unor deformații. Este suficient, de exemplu, ca variațiile curentului anodic să nu fie perfect proporționale cu cele ale tensiunii aplicate între grilă și catod, pentru ca tensiunea variabilă din ieșire să nu mai aibă aceiași formă cu cea aplicată la intrare. În acest caz puterea semnalului de ieșire nu mai corespunde celei emise. Dar ceea ce este și mai grav, este deteriorarea calității sunetelor prin apariția armonicelor, armonice ce nu existau în sunetele inițiale.

IGNOTUS: Ce înțelegi tu prin „armonice" ?



CURIOSUS : Armonicele sînt componentele unui sunet care posedă frecvențe ce sînt un multiplu al frecvenței fundamentale. Prezența acestor armonice determină timbrul diverselor instrumente muzicale. Cu alte cuvinte, sunetul unei viori, foarte bogat în armonice este ușor distins de sunetul unui flaut, cu toate că ambele instrumente posedă aceiași frecvență fundamentală.



În cazul în care amplificatorul nostru de J.F., dă naștere pentru tensiunea variabilă pe care o amplifică, unor armonice ale acesteia pe care inițial nu le poseda, se modifică însuși timbrul sunetelor reproduse.

IGNOTUS : Îmi dau bine seama că astfel de distorsiuni sînt periculoase. Cum reușește însă reacția negativă să le combată ?

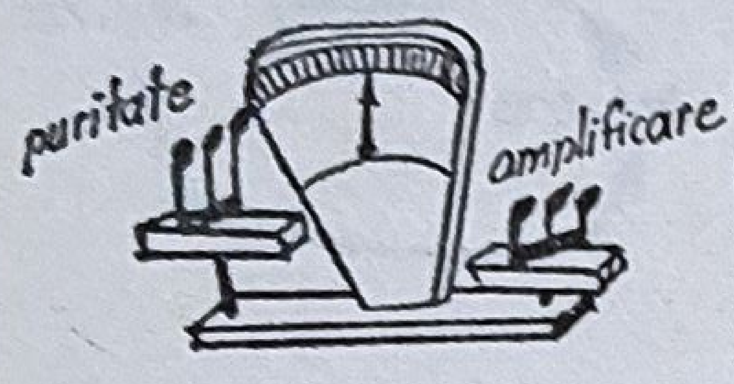
CURIOSUS : Mai mult decît simplu. O parte a tensiunii variabile de ieșire se aplică la intrare, însă în opoziție de fază față de semnalul ce urmează a fi amplificat. Prin aceasta distorsiunile amplificate aplică la intrare tensiuni variabile în opoziție de fază sau invers cu cele de intrare, care anulează sau cel puțin reduc distorsiunile acestora din urmă.

IGNOTUS : Arată-mi acum, te rog, realizarea practică a unei astfel de reacții.

MONTAJE CU REACȚIE NEGATIVĂ

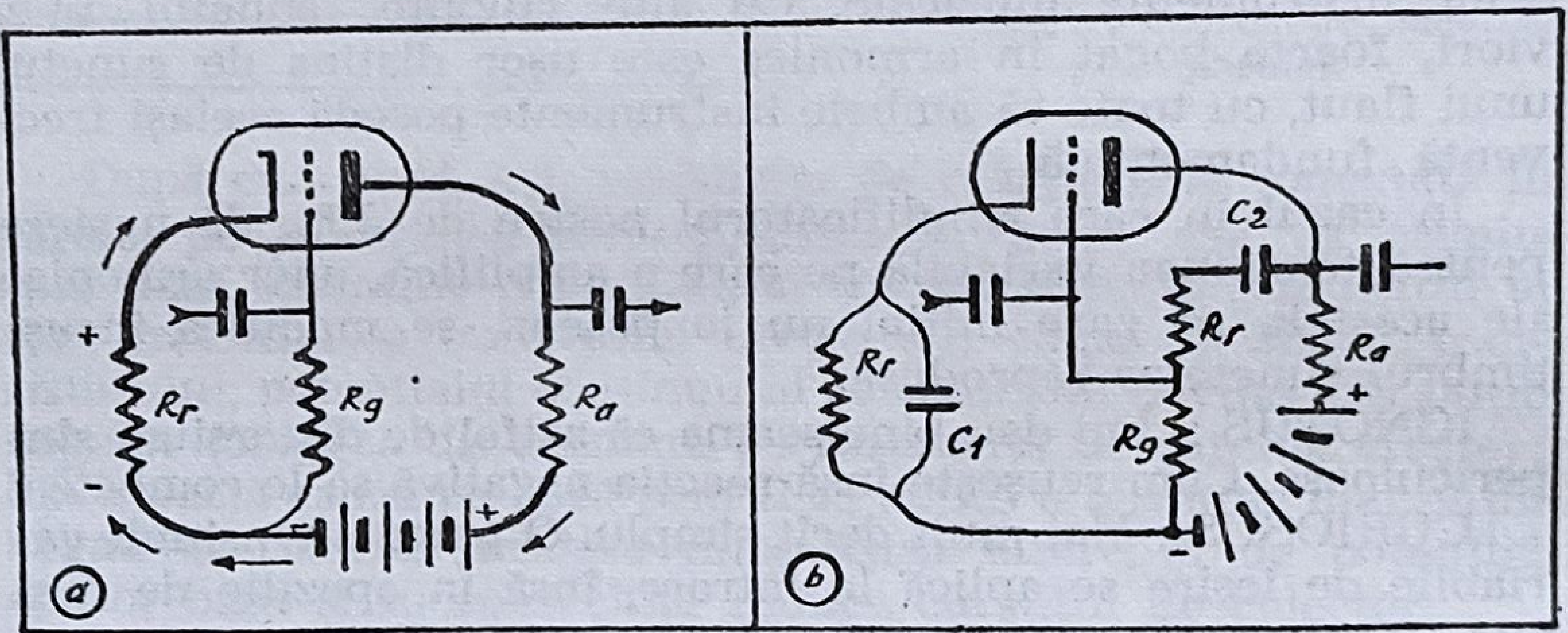
CURIOSUS : Mai întîi, am să-ți arăt acest lucru în montaje realizate cu tuburi. Reacția negativă se obține prin conectarea unei rezistențe R_r între catod și polul negativ al sursei de înaltă tensiune. Această rezistență nu mai este scurtcircuitată de un condensator. Astfel ea este parcursă de întregul curent anodic. Componenta continuă a lui I_a realizează polarizarea negativă a grilei. În privința componentei alternative, ea dă naștere pe această rezistență unei căderi de tensiune, care este în opoziție de fază cu tensiunea variabilă de intrare, aplicată în-

tre grilă și catod. Iată deci realizarea practică a reacției negative.



IGNOTUS : Totuși, după cîte mi-ai explicat, îmi face impresia că odată cu existența reacției negative, amplificarea etajului scade. Această reacție negativă este tocmai contrariul reacției pozitive prin care la intrare se aplică tensiunea de reacție care însă este în fază cu semnalul de intrare, ceea ce duce bineînțeles la creșterea amplificării etajului.

CURIOSUS : Bineînțeles. Doar n-ai vrea ca în același timp să beneficiezi atît de puritatea sunetelor cît și de o amplificare maximă. Prin reacția negativă se asigură calitatea, puritatea sunetelor, acest lucru realizîndu-se însă în detrimentul amplificării.



a — Reacția negativă într-un etaj cu tub electronic (triodă) : Reacția negativă de curent este realizată cu ajutorul rezistenței R_r, comună atît circuitului de grilă cît și celui anodic ;

b — Reacția negativă de tensiune se obține aplicînd pe grilă o fracțiune din tensiunea alternativă dezvoltată pe rezistența de sarcină R_a, transmisă prin intermediul C_2, divizorului de tensiune R_rR_g.

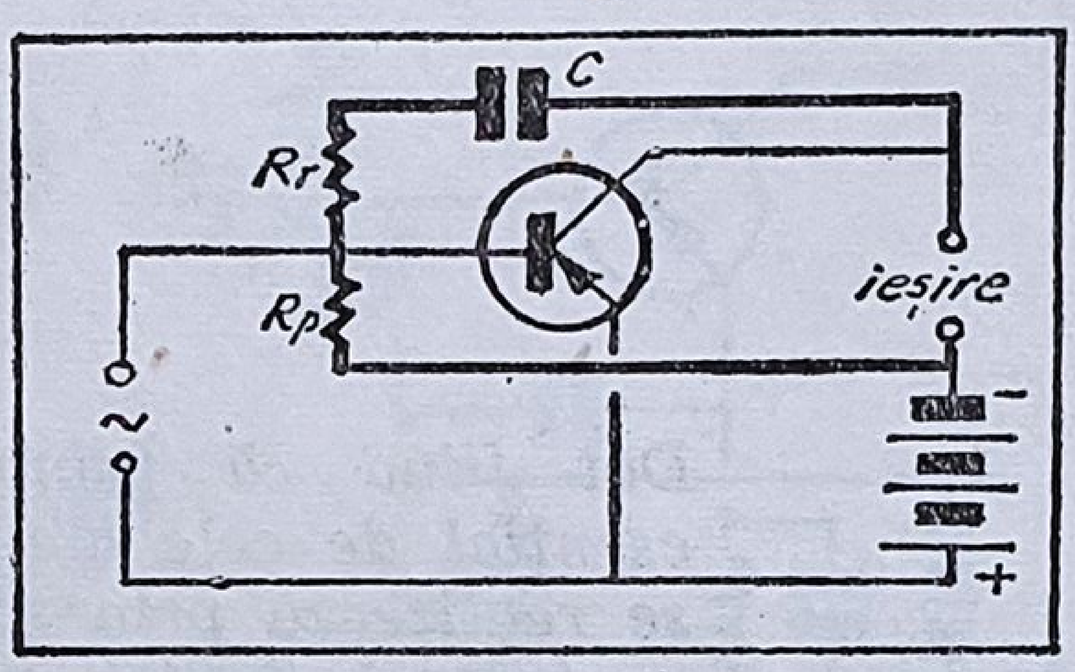
Îți voi arăta acum o schemă în care reacția negativă se realizează prin preluarea de la R_a a unei fracțiuni a tensiunii de ieșire. În acest scop, această fracțiune de tensiune este transmisă spre un divizor de tensiune R_r, R_g prin intermediul condensatorului C_2. Valoarea raportului celor două rezistențe (R_r și R_g) permite stabilirea corectă a tensiunii de reacție.

IGNOTUS : Am impresia că schema precedentă, în care reacția negativă era realizată de rezistența R_g din circuitul catodului, se aseamănă destul de mult cu tipul de reacție negativă pe care l-ai folosit în cazul amplificatorului cu tranzistoare.

CURIOSUS : Ai dreptate. Acest tip de reacție negativă, aplicat atît în cazul tuburilor electronice cît și în cazul tranzis-

toarelor se numeşte *reacţie negativă de curent*, deoarece ea este realizată de către curentul de ieşire.

Ultima schemă cu tuburi pe care ţi-am arătat-o ilustrează tipul de *reacţie negativă de tensiune*. Iată în continuare modul în care acest tip de reacţie poate fi aplicat montajelor cu tranzistoare.



Reacţie negativă de tensiune la etaj cu tranzistor.

Tensiunea variabilă de ieşire este aplicată prin condensatorul C, divizorului de tensiune format din rezistenţele R_r şi R_p. Astfel o fracţiune din această tensiune este aplicată la intrare.

IGNOTUS : Şi eu cred că mă voi îndrepta repede spre uşă, deoarece dacă mă întorc tîrziu acasă, o păţesc.



Profesorul Radiol despre :

Circuite de cuplaj

Dat fiind că proprietăţile tranzistoarelor, diferă esenţial de cele ale tuburilor, cuplajele între etaje se realizează prin scheme speciale. În acest capitol profesorul Radiol vorbeşte despre acestea, explicînd totodată funcţionarea mai multor tipuri de etaje în contratimp, utilizate în radioreceptoare.

Ca să începem, trebuie să vă spun că aţi procedat foarte bine, trecînd în revistă montajele cu reacţie negativă. Dar acest lucru nu v-a mai lăsat timp pentru studiul diverselor moduri de cuplare a circuitelor echipate cu tranzistoare.

Este adevărat, că aţi studiat cuplajul prin transformator. Să ştii Ignotus că acest tip de cuplaj poate fi utilizat tot atît de bine în inaltă, în joasă cît şi în frecvenţele intermediare.

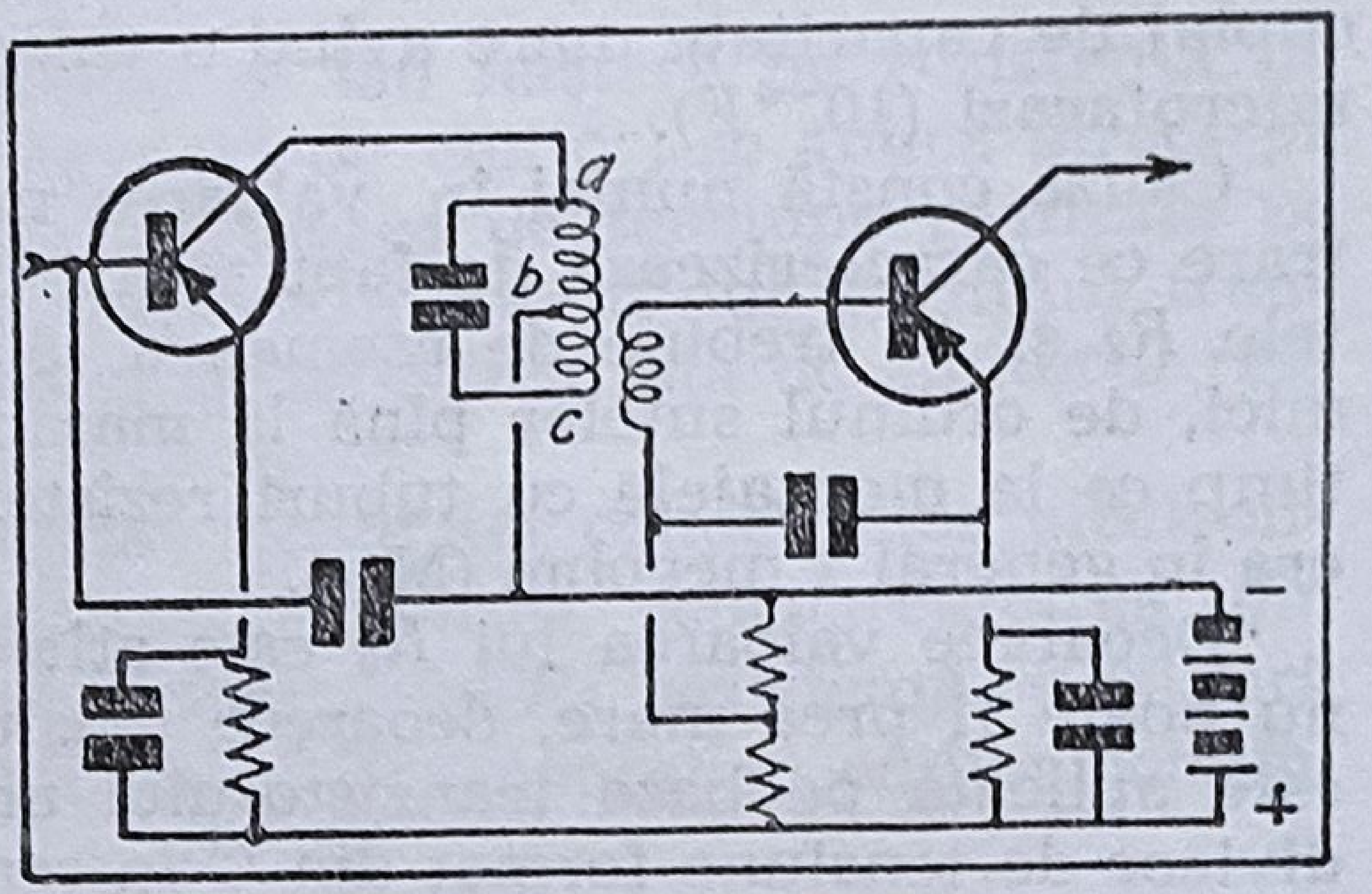
TRANSFORMATOARE DE ÎNALTĂ FRECVENŢĂ ŞI TRANSFORMATOARE DE FRECVENŢĂ INTERMEDIARĂ

În cazul acestor frecvenţe înalte se utilizează circuite acordate, care formează primarul şi secundarul sau cel puţin unul dintre ele. În înaltă frecvenţă aceste circuite sînt prevăzute cu acord variabil, fapt ce permite reglarea receptorului pentru a capta postul pe care dorim să-l ascultăm.

În cazul frecvenţelor intermediare, acordul este fix.

Şi în cazul acestor circuite se pune problema adaptării impedanţelor de intrare şi de ieşire. Soluţiile găsite au dus tot la utilizarea transformatoarelor al căror raport de transformare corespunde celui pe care-l posedă impedanţele. În acest scop

se pot prevedea prize pe înfășurări astfel încît transformatorul să lucreze ca un *autotransformator*. Porțiunea de bobină parcursă de curentul de intrare joacă rolul primarului, iar totalitatea înfășurării constituie secundarul.

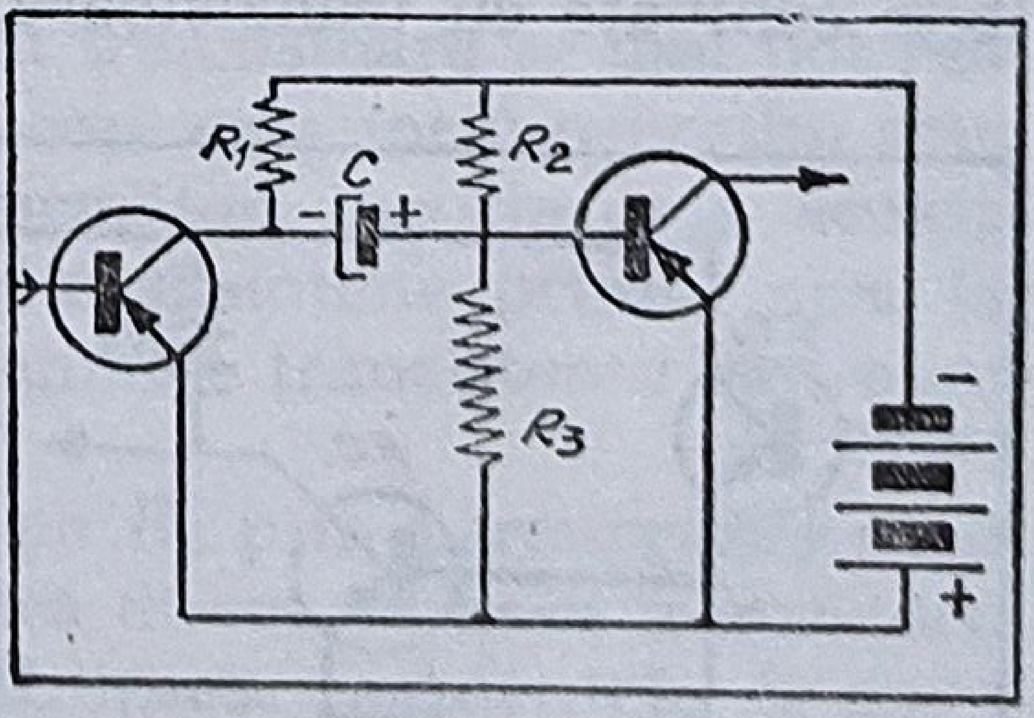


Cuplaj prin transformator utilizat la etaje de I.F. sau F.I.

În schema pe care o vedeți, porțiunea *a-b* formează primarul, în timp ce *a-c* constituie secundarul. Adevăratul secundar este indus de totalitatea înfășurării primare.

CUPLAJ PRIN REZISTENȚĂ ȘI CAPACITATE

Deoarece acum vă dați seama de analogia dintre tuburi și tranzistoare, îmi închipui că vă îndoiți că în schemele care utilizează pe cele din urmă poate exista un cuplaj între etaje realizat cu rezistență și condensator.



Cuplarea între două etaje de amplificare echipate cu tranzistoare se poate realiza și prin rezistența și capacitate (cuplaj RC).

În schema de mai sus, vedeți că R_1 reprezintă rezistența de sarcină a primului tranzistor. Căderile de tensiune variabile ce iau naștere pe ea datorită curentului de colector sînt aplicate prin condensatorul *C*, pe baza celui de-al doilea tranzistor. Res-

pectiva bază este polarizată prin divizorul de tensiune R_2 şi R_3.....

Bineînţeles că sînteţi surprinşi de simbolul condensatorului C, simbol utilizat de fapt pentru condensatoarele electrolitice şi mă veţi întreba de ce este necesar aci un condensator de cuplaj de capacitate mare avînd o valoare de ordinul zecilor de microfarazi (10^{-6}F).

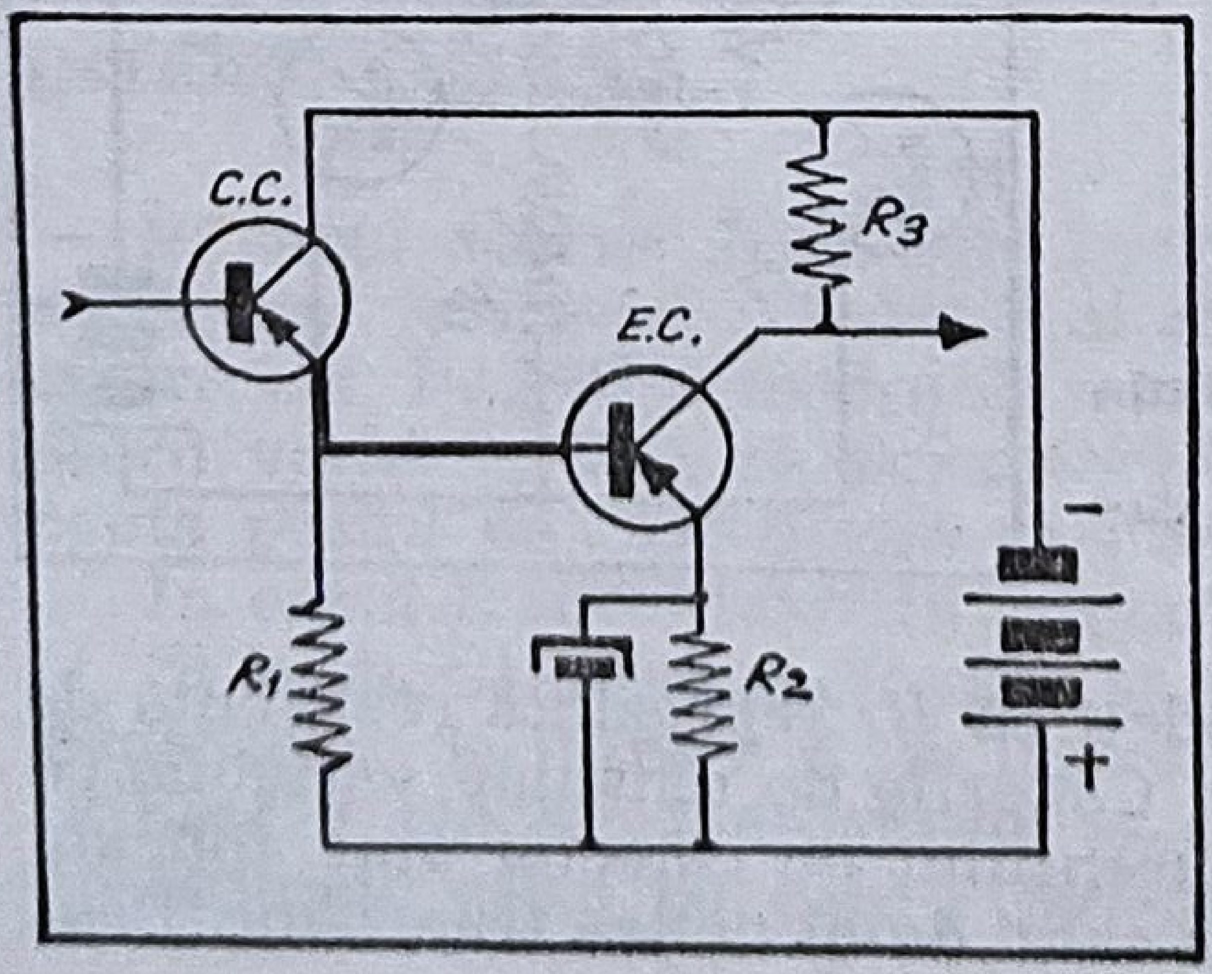
Cauza constă numai în valoarea mică a rezistenţei de intrare ce caracterizează de fapt tranzistoarele. În plus rezistenţele R_2 şi R_3 trebuie de asemenea să posede valori destul de mici, de ordinul sutelor pînă la maximum o mie de ohmi, în timp ce la montajele cu tuburi rezistenţa de scurgere a grilei era în general 1 megohm (MΩ).

Deoarece valoarea lui R_3 este atît de mică, valoarea lui C nu poate fi prea mare, deoarece tensiunea variabilă de pe R_1 este aplicată pe baza tranzistorului următor printr-un fel de divizor de tensiune format din C în serie cu R_3. Dacă valoarea capacităţii este mare în raport cu valoarea lui R_3, bazei nu i se va mai aplica decît o fracţiune foarte mică din tensiunea de ieşire a primului tranzistor.

CUPLAJ DIRECT

După cele discutate veţi avea impresia că utilizarea semiconductoarelor pune probleme mult mai complexe decît cea a tuburilor electronice.

Ei bine am să vă asigur şi totodată am să vă demonstrez că se pot realiza cuplaje directe fără condensator chiar în circuitele echipate cu tranzistoare.

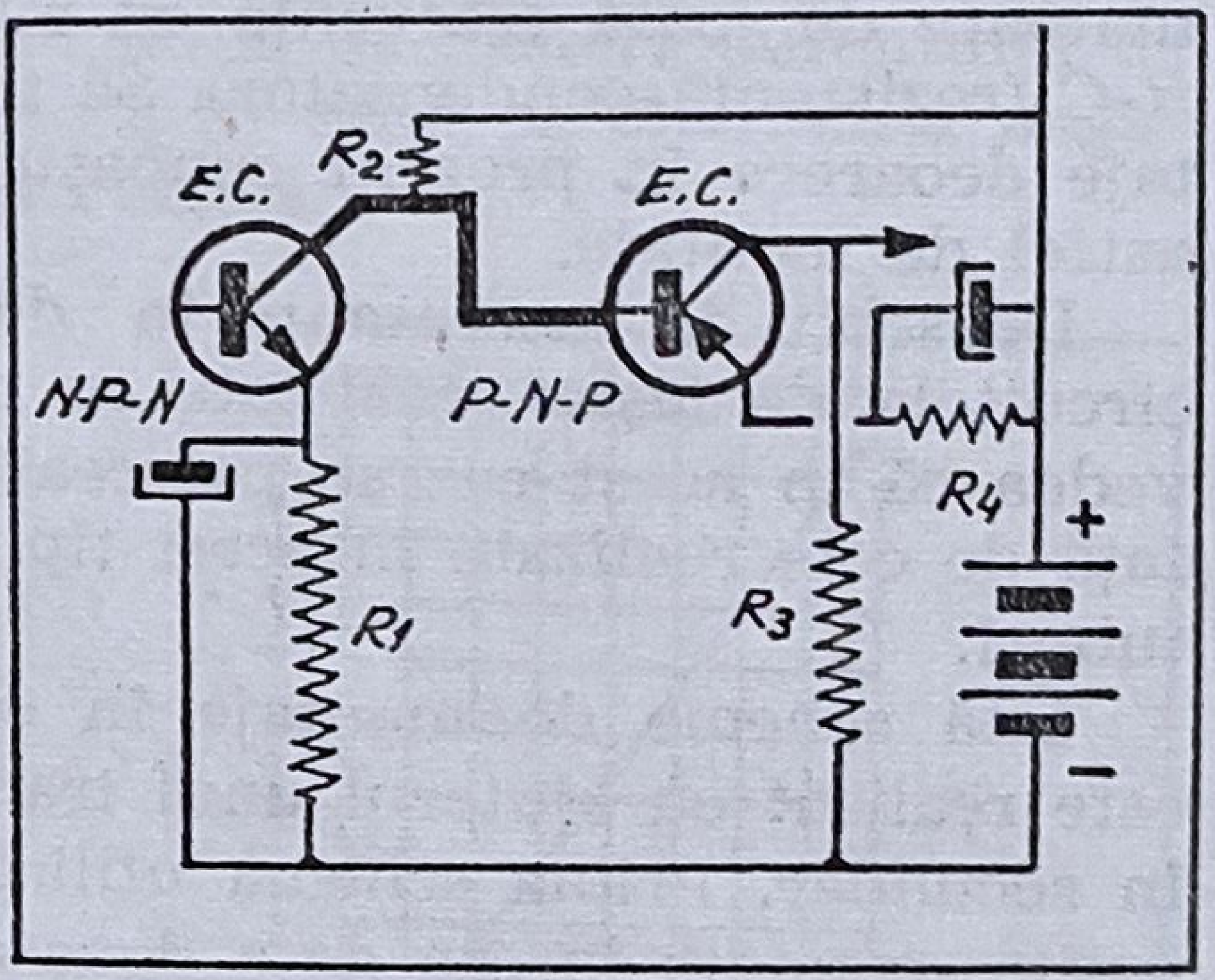


Cuplaj direct prin intermediul dezistenţei R_1 conectată între ieşirea primului etaj şi intrarea celui de-al doilea.

Nu vă mirați, este adevărat că există posibilitatea cuplării directe între două tranzistoare. În acest scop primul tranzistor este montat în colector comun, iar al doilea în emitor comun. Pe schema respectivă cuplajul direct este desenat printr-o linie groasă care unește emitorul primului etaj cu baza celui de al doilea.

Astfel tensiunile variabile ce iau naștere pe rezistența de sarcină R_1 (parcursă de curentul de emitor) se aplică direct pe baza tranzistorului următor. Căderea de tensiune realizată pe R_1 de către componenta continuă a curentului primului tranzistor negativează baza celui de al doilea față de emitorul respectiv.

Și totuși, în acest montaj există un condensator electrolitic. Acesta servește însă numai pentru scurtcircuitarea din punct de vedere alternativ a rezistenței R_2, rezistență ce asigură compensarea termică a tranzistorului montat în emitor comun.



Cuplare directă între două etaje de amplificare echipate cu tranzistoare. Primul etaj posedă tranzistor *npn*, iar cel de-al doilea cu tranzistor *pnp*.

Cuplajul direct în montajele cu tranzistoare se mai pot realiza de asemenea într-o schemă în care colectorul primului tranzistor este cuplat la baza celui următor, dar de data aceasta tranzistoarele sînt de tipuri diferite și anume primul *npn*, iar al doilea *pnp*. În această schemă ambele tranzistoare sînt montate în emitor comun.

Tensiunile variabile realizate pe R_2 prin parcurgerea sa de către curentul de colector, se aplică direct pe baza tranzistorului următor *(pnp)*. Dar nici aci nu lipsesc rezistențele de stabilizare termică (R_1 și R_4) ce sînt conectate în paralel cu condensatoarele electrolitice respective.

Cuplajul direct pe care vi l-am prezentat în ultimele scheme prezintă avantaje foarte mari. În cazul cuplajului prin conden-

sator, reactanța acestuia variază funcție de frecvența semnalului. La frecvențe joase valoarea sa devine foarte mare.

În cazul cuplajului direct, problema respectivă nu se mai pune. În consecință schemele respective pot amplifica chiar tensiuni continue, înțelegînd prin acestea tensiuni a căror variație este slabă, de frecvență foarte scăzută, uneori chiar zero.

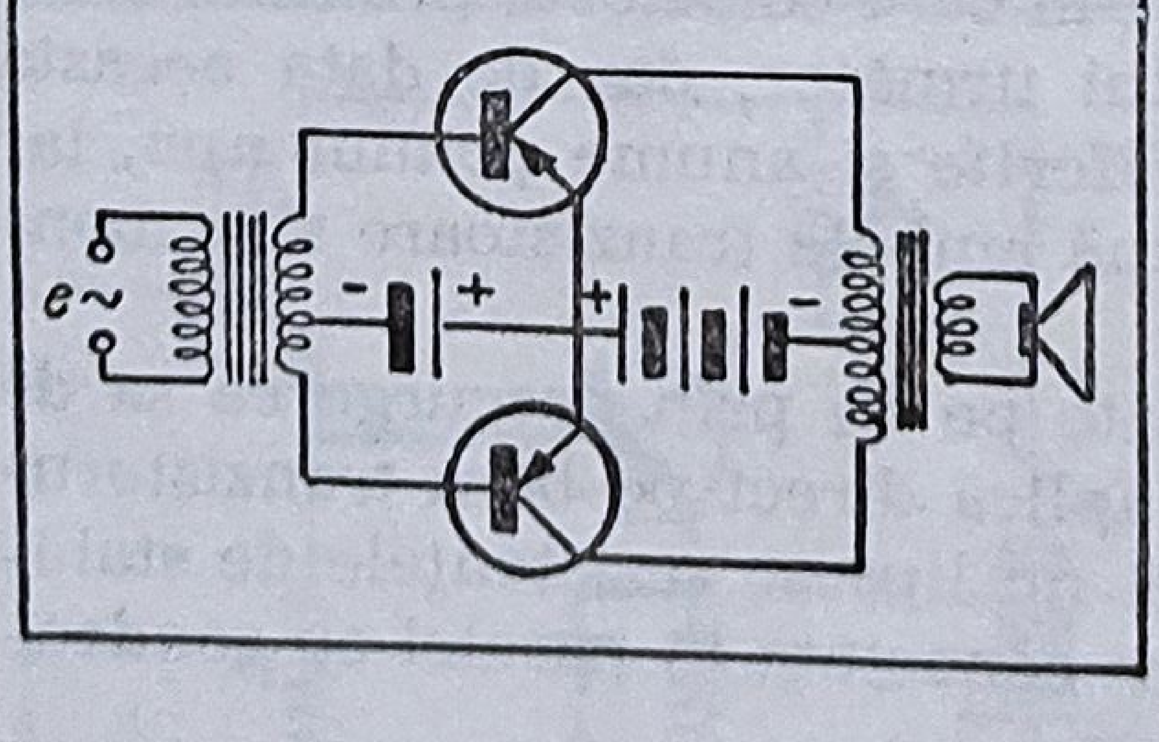
MONTAJ ÎN CONTRATIMP CU TRANZISTOARE

Să revenim totuși, din nou la amplificarea tensiunilor variabile și fără să ne îndepărtăm prea mult de cele continue, să examinăm acum componența și funcționarea etajelor de joasă frecvență.

Cuplajul între aceste etaje poate fi realizat atît cu transformatoare de joasă frecvență cu miez magnetic cît și cu cuplaj *R-C* (rezistență-condensator). Să trecem însă peste aceste montaje deoarece în prezent cunoașteți esențialul schemelor unor astfel de montaje.

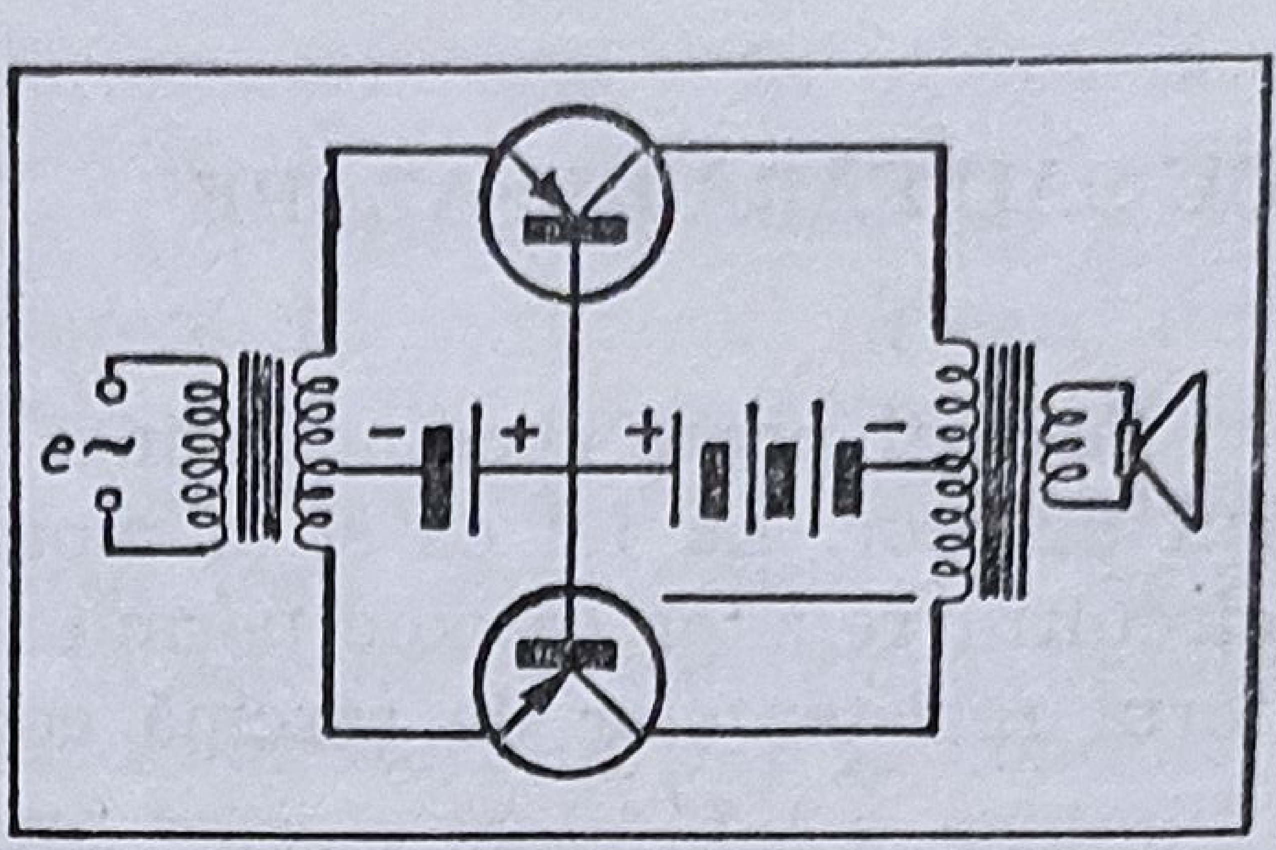
Deosebit de interesante în domeniul tranzistoarelor sînt circuitele de ieșire, realizate cu montaje în contratimp. Veți vedea că în acest caz se pot realiza lucruri destul de diferite față de cele realizate în acest tip de montaje echipate însă cu tuburi.

Iată scheme de montaje în contratimp în care defazajul este realizat cu ajutorul unui transformator cu priză mediană în secundar. Prima schemă utilizează tranzistoare montate în emitor comun; în cea de a doua acestea sînt montate în bază comună.



Montaj în contratimp ce utilizează tranzistoare montate în emitor comun.

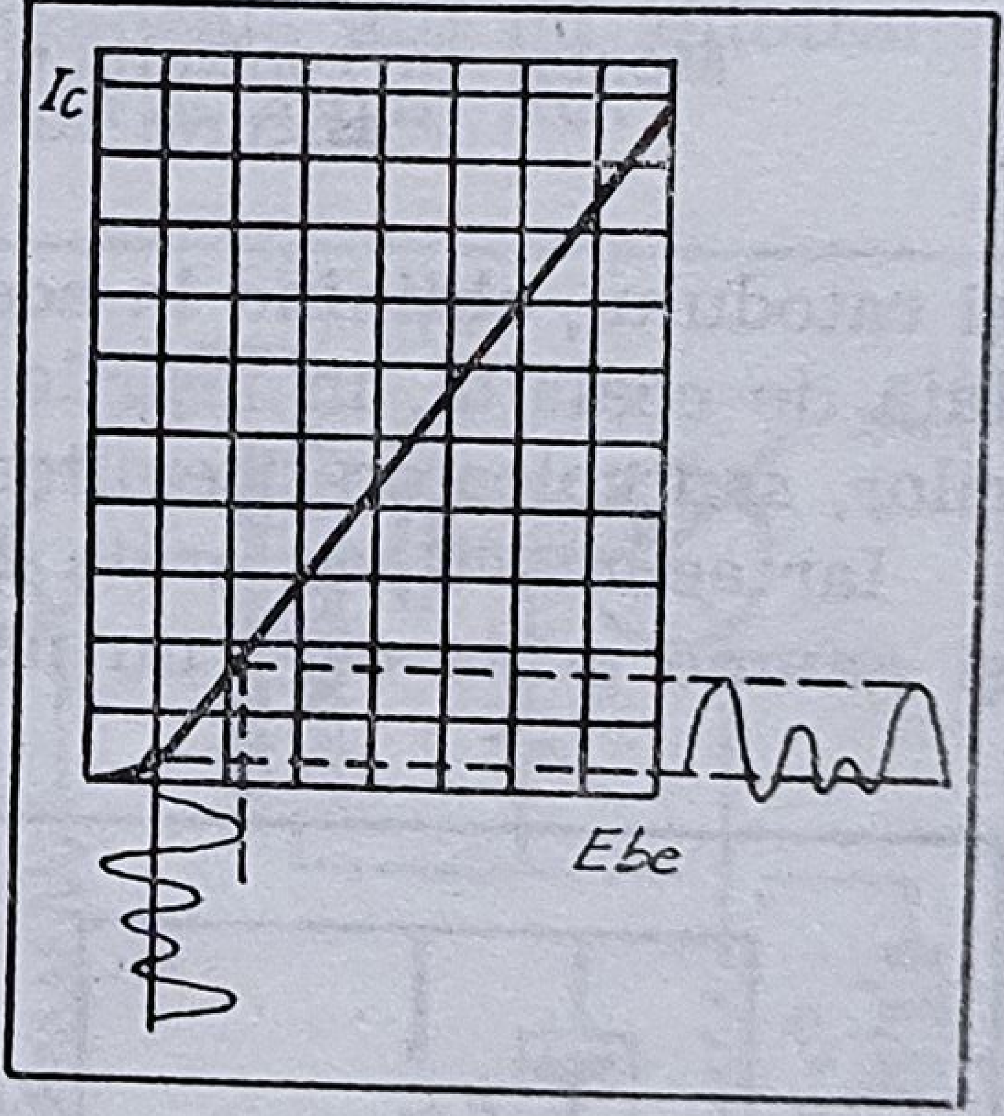
În scopul realizării unor scheme cît mai simple și clare, am polarizat bazele cu ajutorul unor baterii. În realitate polari-



Montaj în contratimp ce utilizează tranzistoare montate în bază comună.

zarea acestora este asigurată fie printr-o cădere de tensiune pe o rezistență, fie cu ajutorul unui divizor rezistiv de tensiune. De altfel cunoașteți ambele procedee.

Ceea ce nu este figurat în aceste scheme, este faptul că polarizării i se poate da o astfel de valoare, încît în lipsa semnalului variabil, curentul de colector să fie practic zero. În acest mod alternanța pozitivă a semnalului dă naștere curentului de colector într-unul din tranzistori, în timp ce alternanța negativă va face același lucru pentru celălalt.



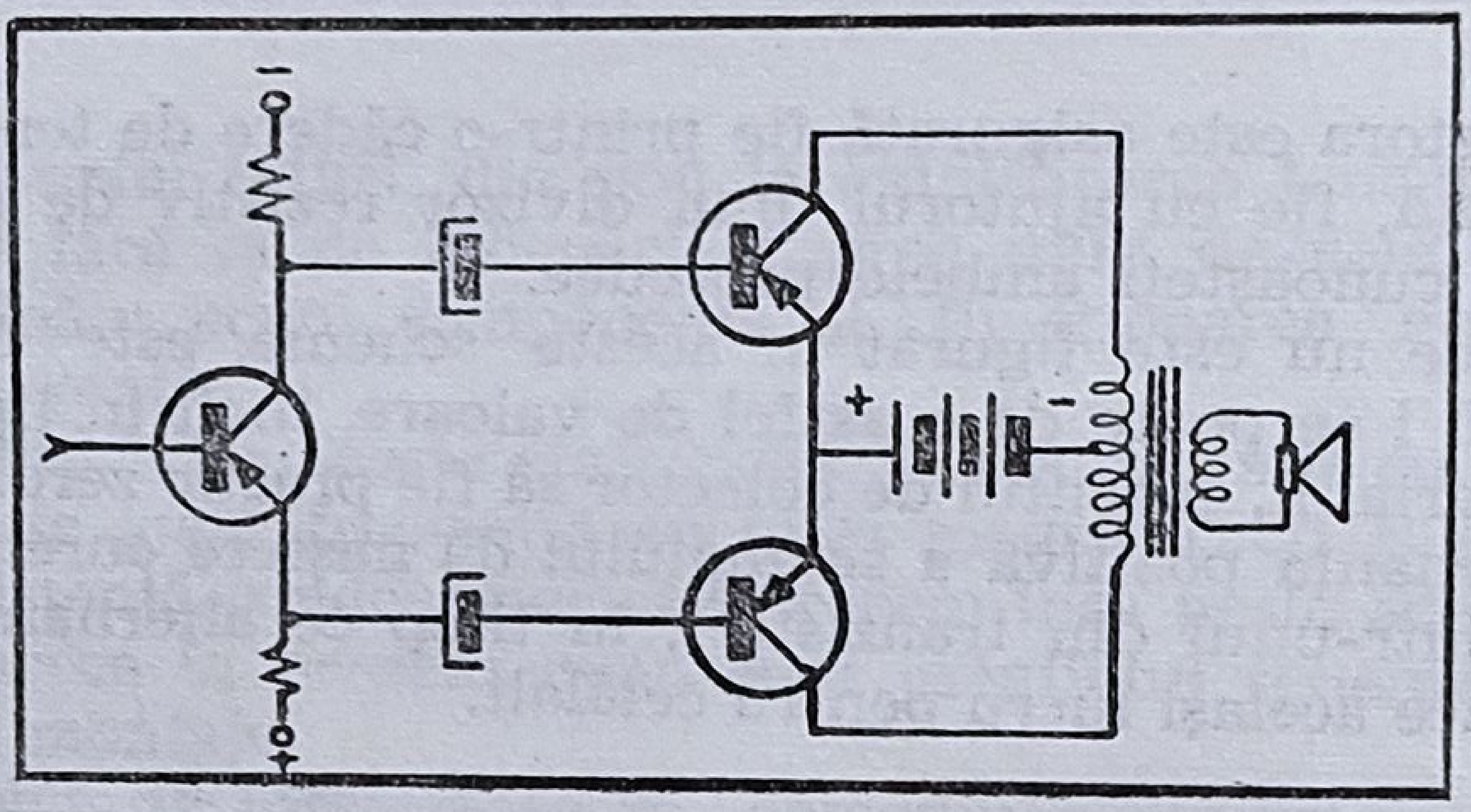
Funcționarea unui tranzistor în clasă B. Curba caracteristică indică variația curentului de colector funcție de tensiunea bază-emitor.

În cazul schemei posedînd un singur tranzistor, aceasta ar da naștere unei amplificări simultane cu o detecție, deoarece se amplifică o singură alternanță pentru fiecare perioadă. În cazul etajului în contratimp, transformatorul de ieșire (final) primește alternativ una din cele două alternanțe amplificate de tranzistoarele respective.

În așa fel încît se asigură astfel o bună amplificare avînd în plus avantajul unui consum minim de curent, fapt ce permite o bună utilizare a bateriei de alimentare.

CU SAU FĂRĂ DEFAZARE

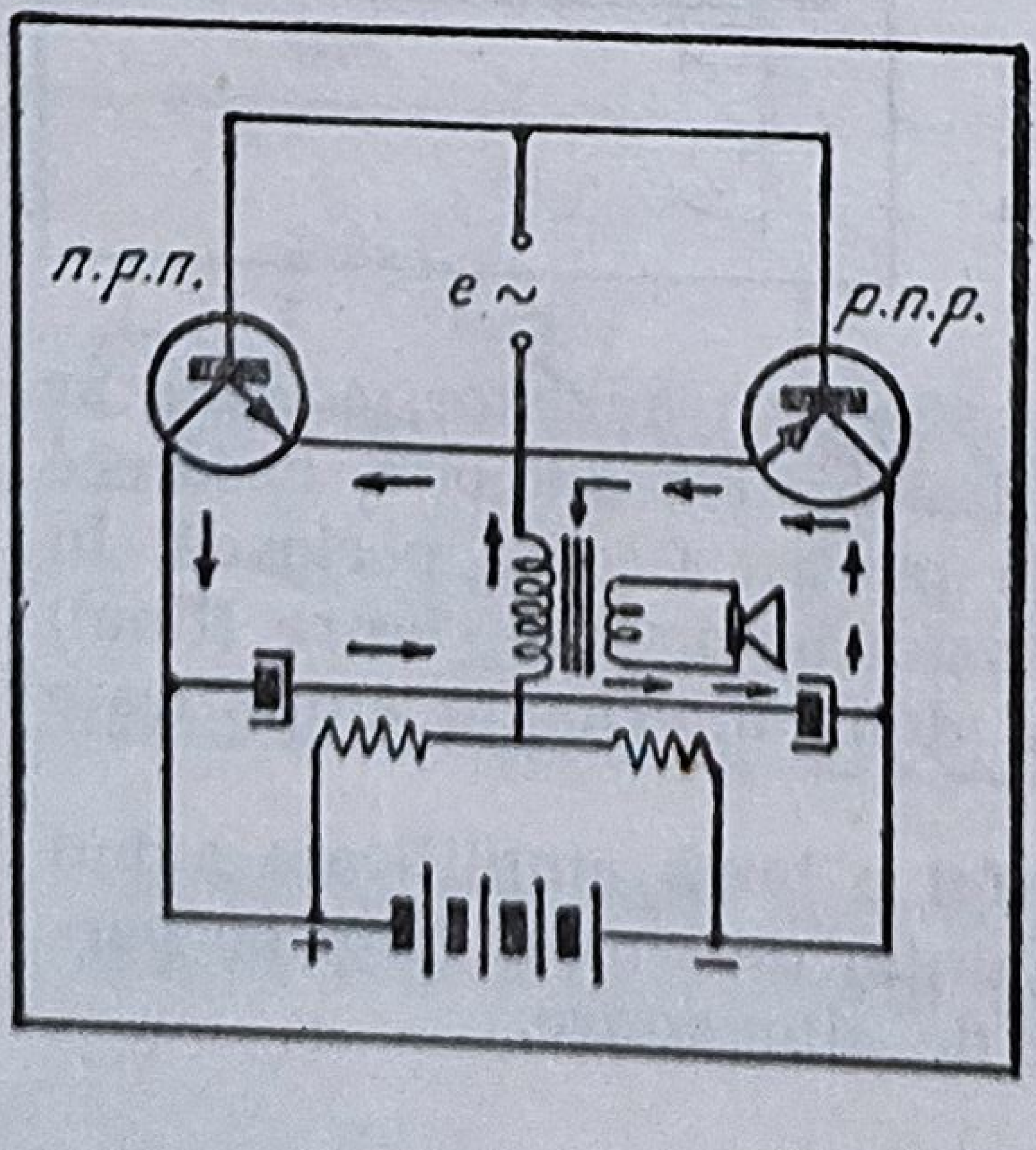
Se mai poate economisi încă ceva şi anume transformatorul defazor. La fel ca şi la montajele cu tuburi electronice, circuitul repetor catodic permite defazarea tensiunilor cu ajutorul rezistenţelor de sarcină conectate în circuitele anodului



Montaj în contratimp în care defazajul de 180° este asigurat cu ajutorul unui tranzistor.

şi catodului, obţinînd în acest fel tensiuni defazate cu 180° una faţă de cealaltă, în ieşirile de pe anod şi catod în cazul tuburilor, sau colector şi emitor în cazul tranzistoarelor.

Iar acum vă voi arăta cel mai curios montaj în contratimp şi anume acela care nu necesită nici un fel de dispozitiv de



Montaj în contratimp compus din două tranzistoare complementare, unul *pnp*, iar celălalt *npn*. Tensiunea de intrare *e* se aplică simultan ambelor tranzistoare.

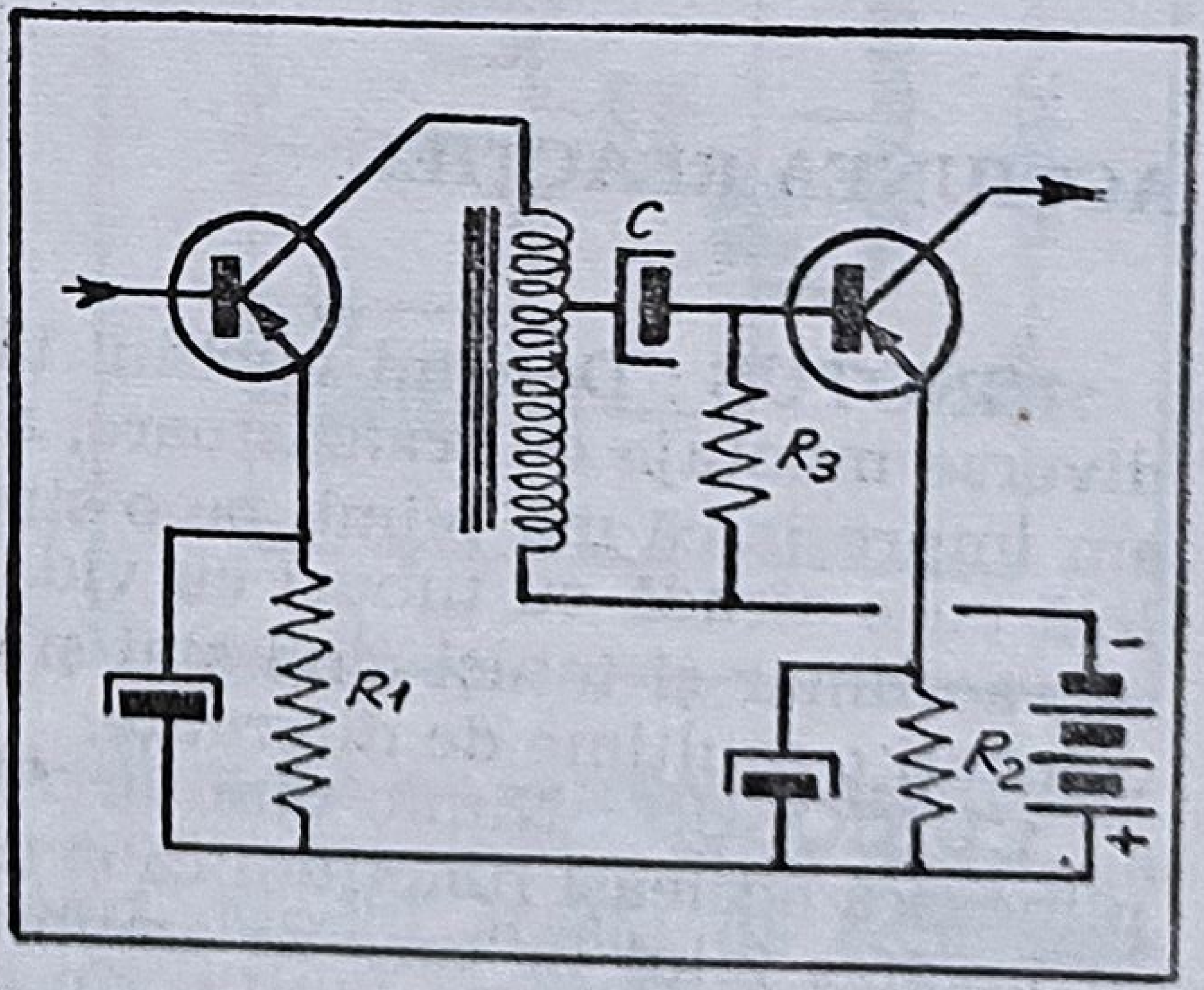
defazare. Cum ? Foarte simplu, se realizează prin utilizarea a două tranzistoare de tipuri diferite unul *npn*, iar celălalt *pnp*.

În schema pe care o vedeți, atît tranzistorul *pnp* cît și cel *npn* sînt montate în emitor comun. În momentul în care una din alternanțe pozitivează bazele, curentul de colector al tranzistorului *npn* crește, în timp ce cel al tranzistorului *pnp* se anulează, astfel încît prin primarul transformatorului de ieșire curentul circulă de jos în sus. În alternanța următoare, bazele devin negative, este deci rîndul tranzistorului *pnp* să conducă, iar sensul curentului în primarul transformatorului se schimbă. Constatați că acest transformator nu mai are nevoie de priză mediană în primar.

Vedeți deci că, datorită tranzistoarelor, se pot realiza montaje de o concepție mult mai elegantă decît cea a schemelor cu tuburi electronice. Și încă nu le cunoașteți pe toate......

CUPLAJUL MIXT

Pentru a încheia, vă prezint acum schema amplificatorului de joasă frecvență cu cuplaj mixt, realizată atît cu autotransformator adaptor de impedanță cît și prin cuplaj *RC*.



Etaje de J.F. cu cuplaj mixt prin autotransformator, condensator și rezistență.

Examinați-o atent. Cunoașteți acum destul de bine tehnica tranzistoarelor pentru a-i înțelege ușor funcționarea.

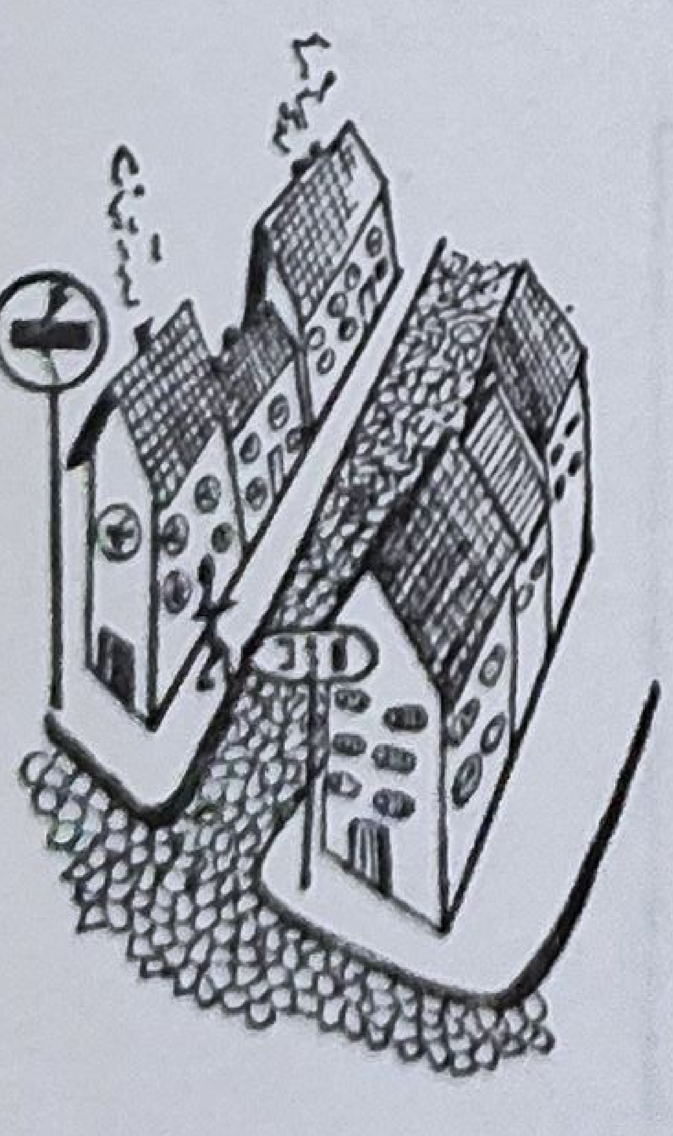
Vă urez succes !

Convorbirea a 13-a

Superheterodina cu tranzistoare

Montajele cu tranzistoare prevăzute cu reacție permit de asemenea realizarea oscilatoarelor cu tranzistoare. Acestea se utilizează, printre altele și în schimbătoarele de frecvență (mixere) ale superheterodinelor.
Reglarea antifeding, în cazul tranzitoarelor, dă naștere unor combinații ce pot fi eliminate cu ajutorul unei diode care amortizează circuitul de acord.
Cu această ocazie, amicii noștri termină studiul utilizării semiconductoarelor în diversele etaje ale radioreceptoarelor.

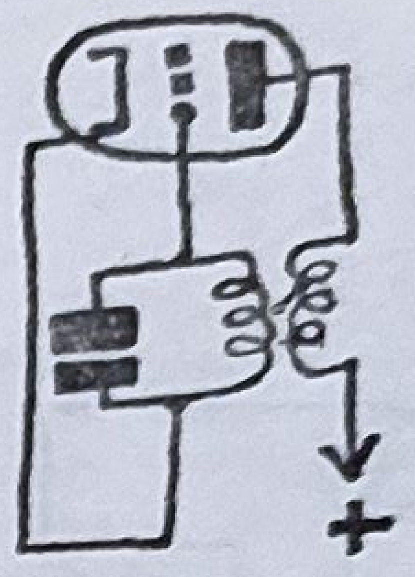
ACȚIUNEA REACȚIEI



IGNOTUS : De cînd unchiul tău și cu tine îmi tot explicați diverse montaje cu tranzistoare, am o senzație foarte curioasă : am impresia că mă plimb pe o stradă cu semiconductoare paralelă cu o stradă cu tuburi cu vid. Cele două străzi se aseamănă extraordinar și totuși cînd stai și examinezi mai atent clădirile, constați o mulțime de diferențe.

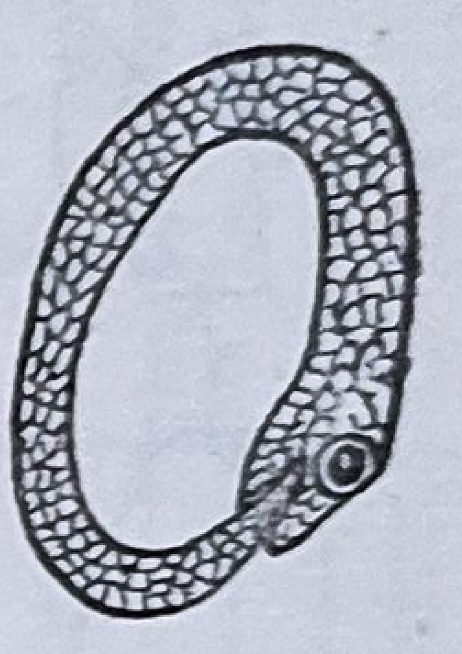
CURIOSUS : Nimic uimitor. Tranzistoarele trebuie să îndeplinească aceleași funcțiuni ca și tuburile electronice. Pînă acum ai învățat felul în care se amplifică tensiunile, modul de concepție sau de realizare a etajelor de putere, detecția cu diode semiconductoare, precum și diverse tipuri de reacție negativă.

IGNOTUS : În schimb nu mi-ai explicat care sînt tipurile de reacție ce se utilizează în cazul tranzistoarelor. Îmi aduc aminte că în cazul tuburilor electronice reacția era realizată prin aplicarea pe intrarea tubului a unei fracțiuni din curenții amplificați de ieșire. În general se realizează prin inducție între circuitul anodic și cel de grilă.



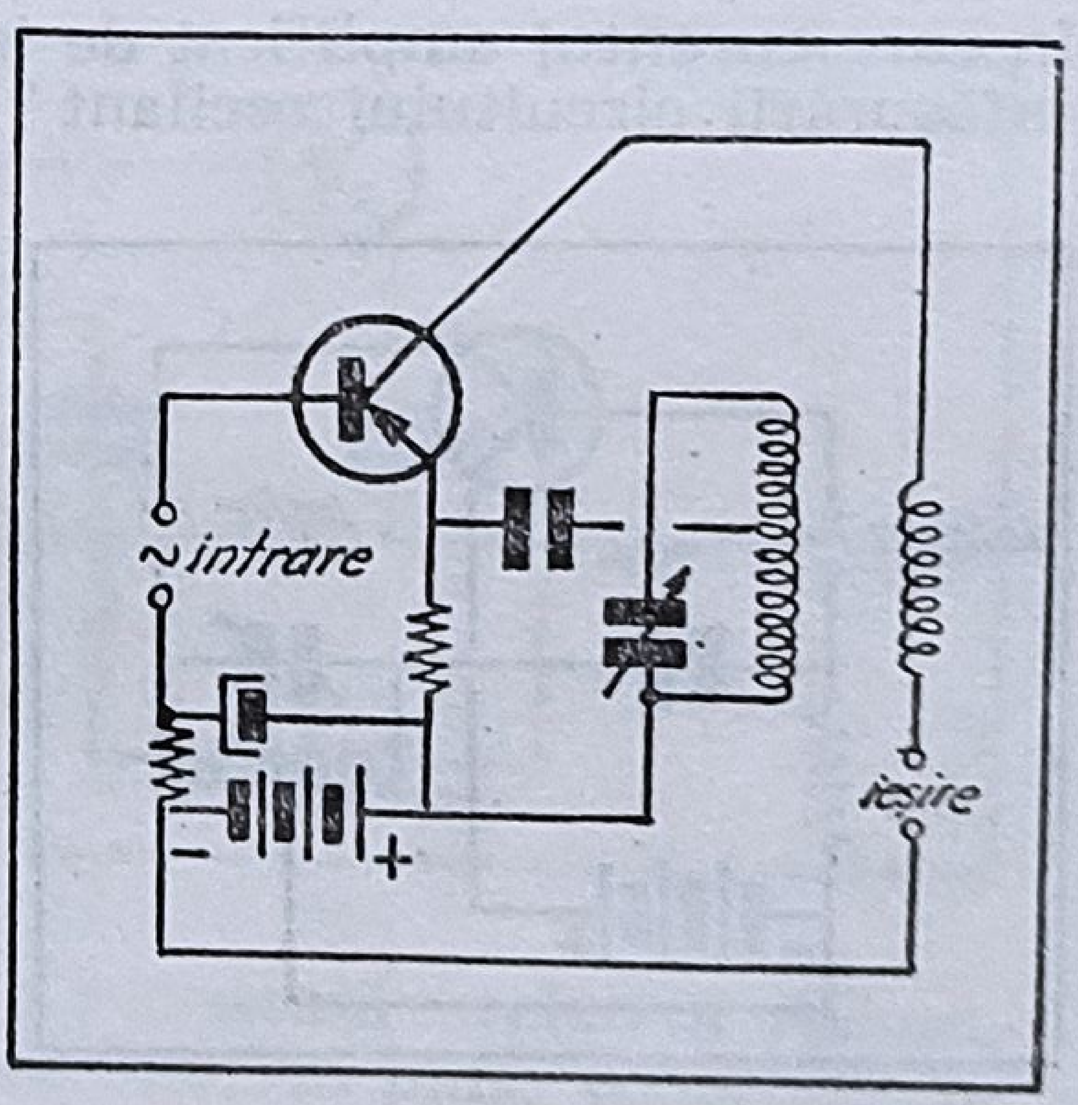
Îmi este imposibil, cînd este vorba de reacție să nu-mi imaginez un șarpe care își mușcă propria sa coadă...

De asemenea îmi aduc aminte că reacția pozitivă permite creșterea factorului de amplificare, îmbunătățind astfel sensibilitatea radioreceptoarelor. Dacă însă ea continuă să crească se va realiza un generator de oscilații sinusoidale. Acesta nu este necesar numai în emițătoare, pentru obținerea curenților purtători de înaltă frecvență, dar și în receptoarele superheterodină, pentru asigurarea schimbării de frecvență prin interferență cu curenții captați de antenă.



CURIOSUS : Memoria dumitale, dragă prietene îmi face o reală plăcere, deoarece îmi va simplifica explicațiile pe care urmează să ți le dau.

Schema pe care ți-o prezint este aproape identică cu cea a montajelor cu reacție echipate cu tuburi electronice. Ea conține circuitul acordat conectat în intrarea tranzistorului, între bază și emitor. Circuitul este legat la cei doi electrozi prin condensatoare care scurtcircuitează sau lasă să treacă componentele alternative ale semnalului.

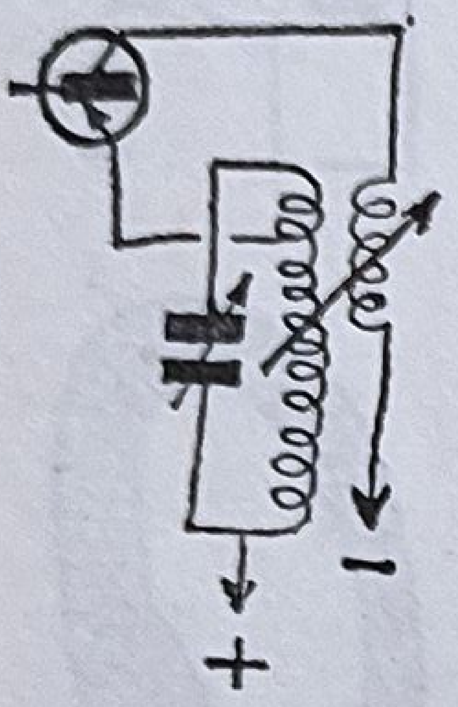


Schimbător de frecvență (mixer). Tranzistorul produce oscilațiile proprii montajului și le suprapune celor captate prin semnalele de intrare.

Ținîndu-se seama de rezistența mică de intrare a tranzistorului, în paralel cu acesta nu s-a conectat decît o mică fracțiune din bobinajul circuitului acordat. Modul acesta de conectare împiedică amortizarea mare a circuitului menționat, fapt ce ar duce la reducerea selectivității.

IGNOTUS : După cum văd curenții de reacție sînt induși în această bobină prin intermediul unei înfășurări cuplate inductiv cu înfășurarea din circuitul de ieșire parcursă de curentul amplificat de colector.

CURIOSUS : Exact. Constați deci cît de bine se aseamănă reacția din acest montaj cu cea realizată cu tuburi electronice.



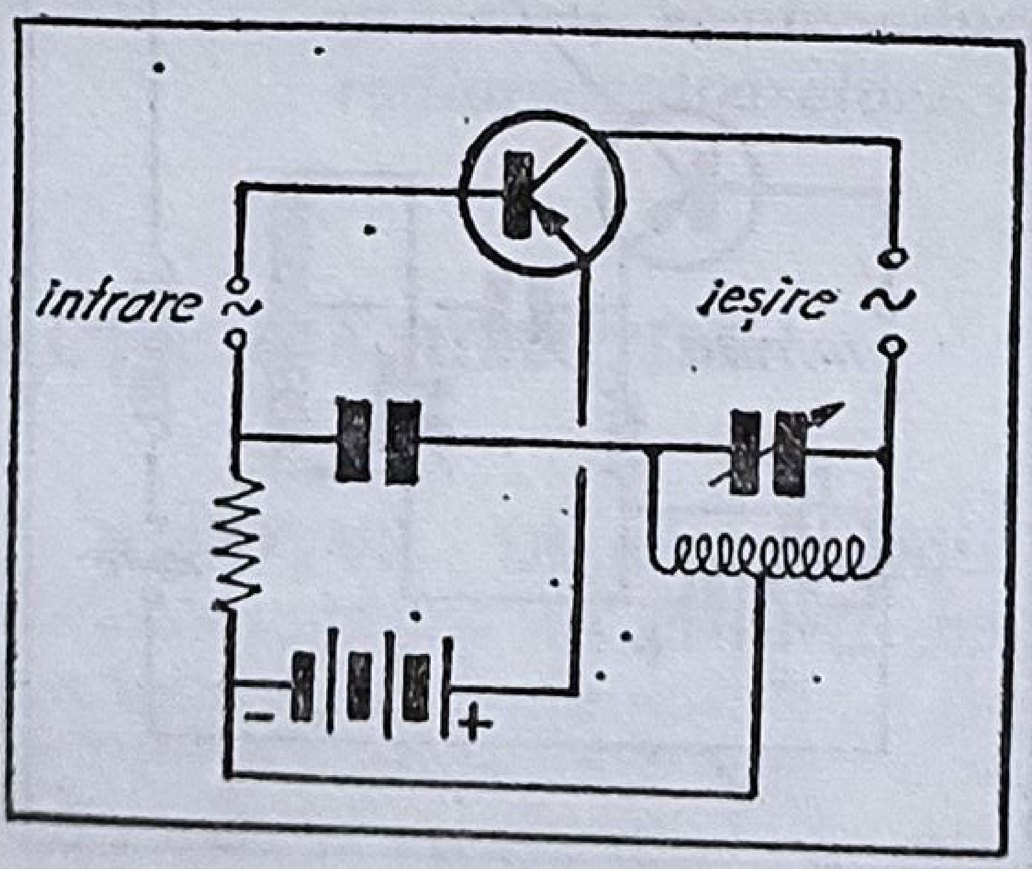
De altfel aci se mai poate realiza și o detecție cu reacție. În acest caz cuplajul între cele două înfășurări este reglabil, iar polarizarea bazei trebuie aleasă, astfel încît însuși tranzistorul să asigure detecția.

IGNOTUS : N-am văzut încă receptoare cu tranzistoare în care prin deplasarea înfășurării de reacție să se regleze cantitatea acesteia.

CURIOSUS : Ceea ce era posibil în unele montaje echipate cu tuburi, nu mai este valabil în cele cu tranzistoare. Aci reacția este utilizată mai mult pentru a da naștere unor oscilații de care avem nevoie în schimbarea de frecvență.

În acest scop, vezi schema, circuitul acordat este plasat în intrare, cu alte cuvinte el este acela care primește undele captate de antenă, în timp ce în ieșire se conectează primarul acordat al primului transformator de frecvență intermediară.

IGNOTUS : Iată-ne ajunși în sfîrșit la montajul superheterodină. Dar înainte de a-l discuta în detaliu, aș vrea să-ți pun o întrebare indiscretă : se poate realiza cu tranzistoare un oscilator de tip Hartley (oscilator cu cuplaj inductiv, în trei puncte) în care curentul amplificat de ieșire să parcurgă o porțiune a înfășurării circuitului oscilant ?

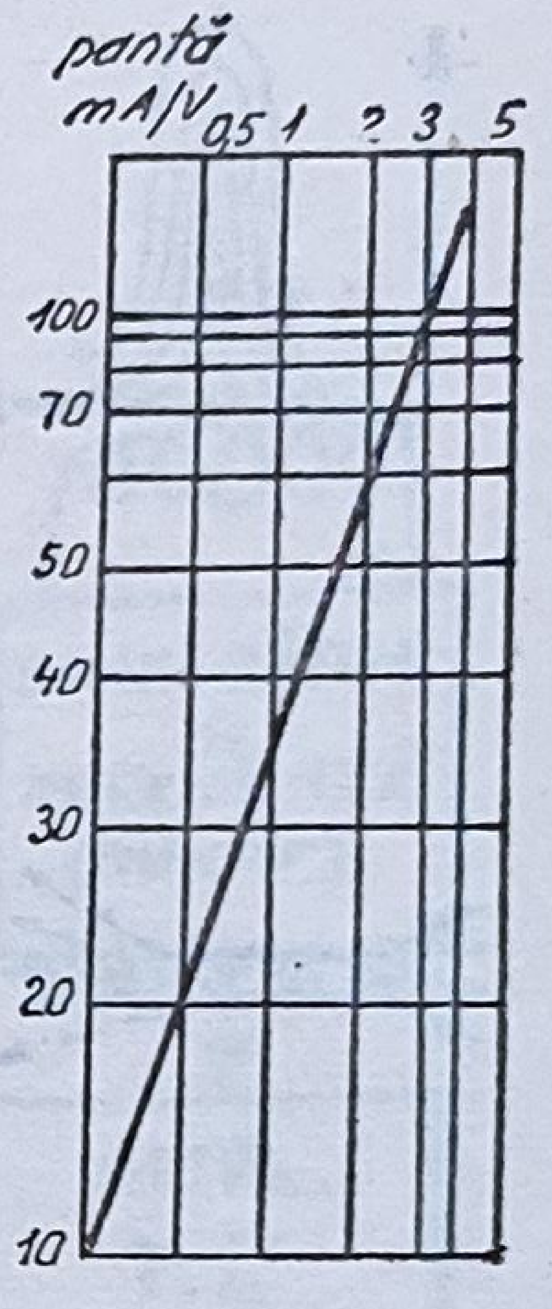


Oscilator în trei puncte (tip Hartley).

CURIOSUS : Nimic mai simplu. Montajul ți l-am desenat mai sus. În această schemă, curentul de colector parcurge jumătate din înfășurarea circuitului oscilant.

REGULATOR DE FEDING

IGNOTUS : Deoarece vorbim de trimiterea înapoi a unor tensiuni amplificate, faptul acesta mă face să mă gîndesc la reglarea antifeding. În situația aceasta tensiunile amplificate

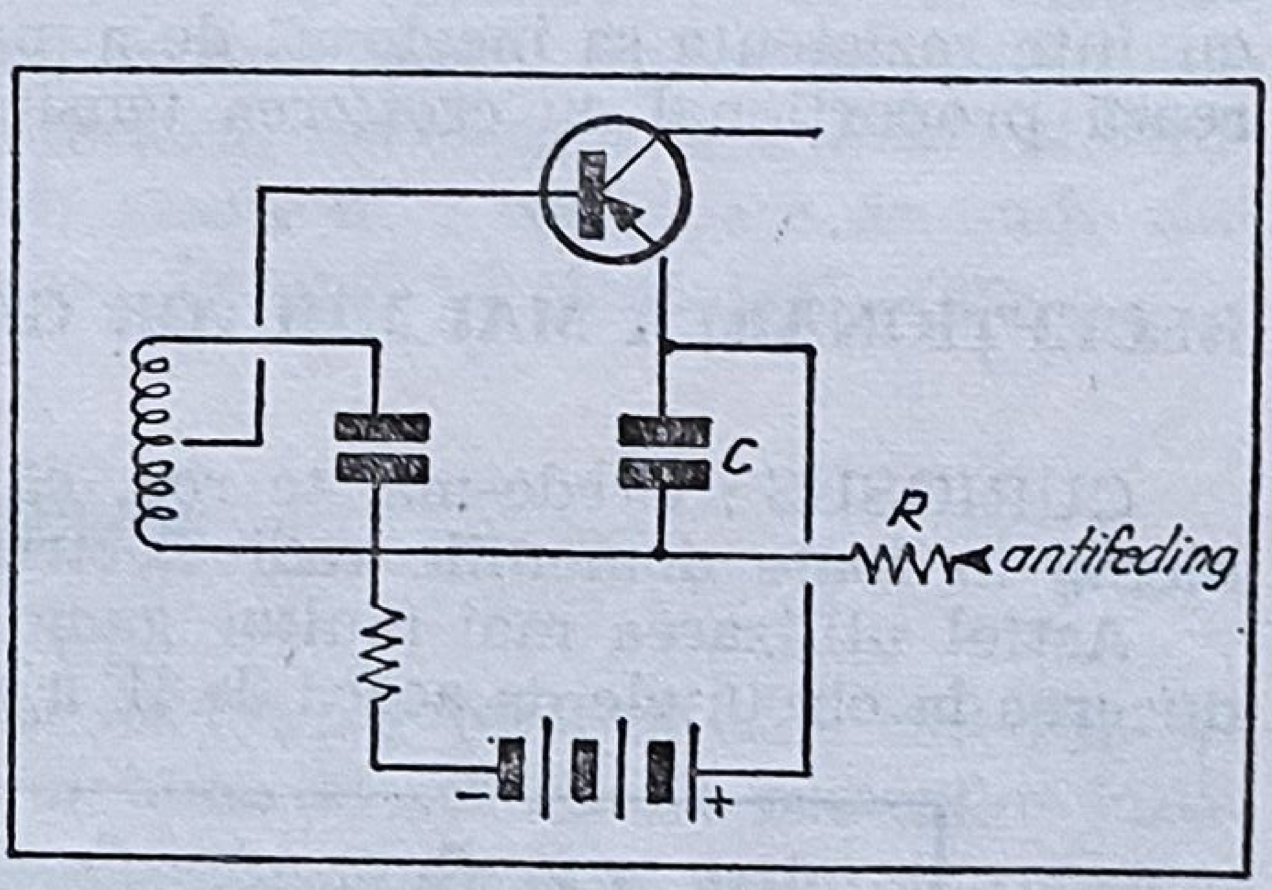


sînt preluate după detecție și trimise înapoi spre tuburile amplificatoare de înaltă frecvență sau frecvență intermediară pentru a acționa asupra pantei variabile. Așì vrea să te întreb dacă procedeul realizat în cazul tuburilor se poate aplica și în schemele cu tranzistoare ?

CURIOSUS : Exact la fel. Panta tranzistorului depinde de intensitatea curentului său de emitor. La rîndul său aceasta variază în funcție de potențialul bazei. În consecință, aplicînd pe bază tensiuni antifeding, se modifică amplificarea tranzistorului, mărind-o în cazul în care din cauza fedingului, tensiunile de înaltă frecvență din antenă sînt mai slabe.

IGNOTUS : De fapt și în acest caz reglarea antifeding este tot atît de simplă ca și la receptoarele cu tuburi. Tensiunea detectată este nivelată printr-o rezistență *R* și capacitatea unui condensator *C*, fiind aplicată apoi pe baza tranzistoarelor de IF sau de FI.

CURIOSUS : Din păcate, dragă Ignotus, în cazul tranzistoarelor lucrurile sînt mai complicate decît la tuburi. Nu uita că



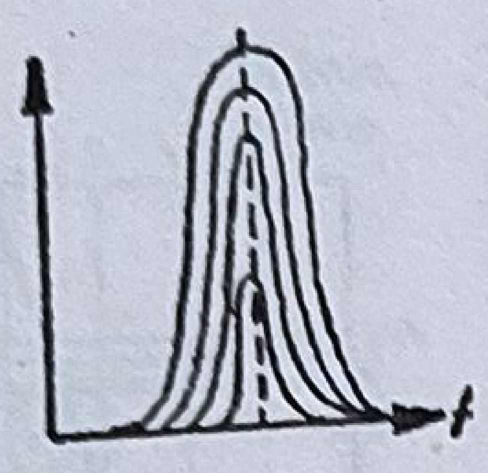
Tensiunile antifeding se aplică aci pe baza tranzistorului.

circuitul de intrare posedă aci o rezistență relativă redusă. Această rezistență emitor-bază mai este, în plus, conectată în paralel pe circuitul acordat.

Ori, în momentul în care tensiunea de reglare antifeding face ca potențialul bazei să varieze, aceasta nu are ca efect numai modificarea amplificării, ci totodată și valoarea rezistenței de intrare. Creșterea valorii acesteia duce la micșorarea amortizării circuitului acordat, selectivitatea acestuia mărindu-se.

IGNOTUS : Cu atît mai bine.

CURIOSUS : Nu, dragul meu. Un exces de selectivitate reduce mult prea mult lărgimea benzii frecvențelor acceptate de circuit, astfel încît frecvențele mai îndepărtate de frecvența



de acord sînt atenuate foarte mult sau chiar eliminate. Situaţia respectivă duce la o slăbire sau chiar la o dispariţie a sunetelor înalte.

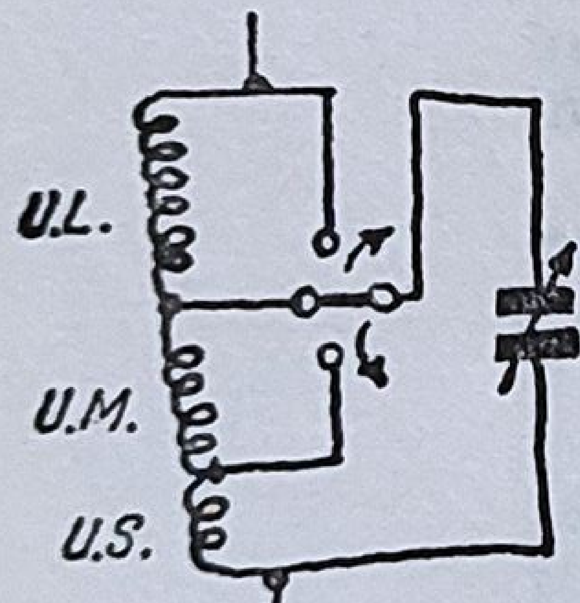
DIODA CE REALIZEAZĂ O AMORTIZARE VARIABILĂ

IGNOTUS : Care este remediul acestei situaţii mai mult decît triste ?

CURIOSUS : Soluţia constă în conectarea unei diode de amortizare în paralel pe circuitul acordat. Montajul este conceput astfel încît în momentul în care tensiunea antifeding este slabă, dioda nu lasă să treacă nici un fel de curent şi, în consecinţă, nu determină nici o amortizare.



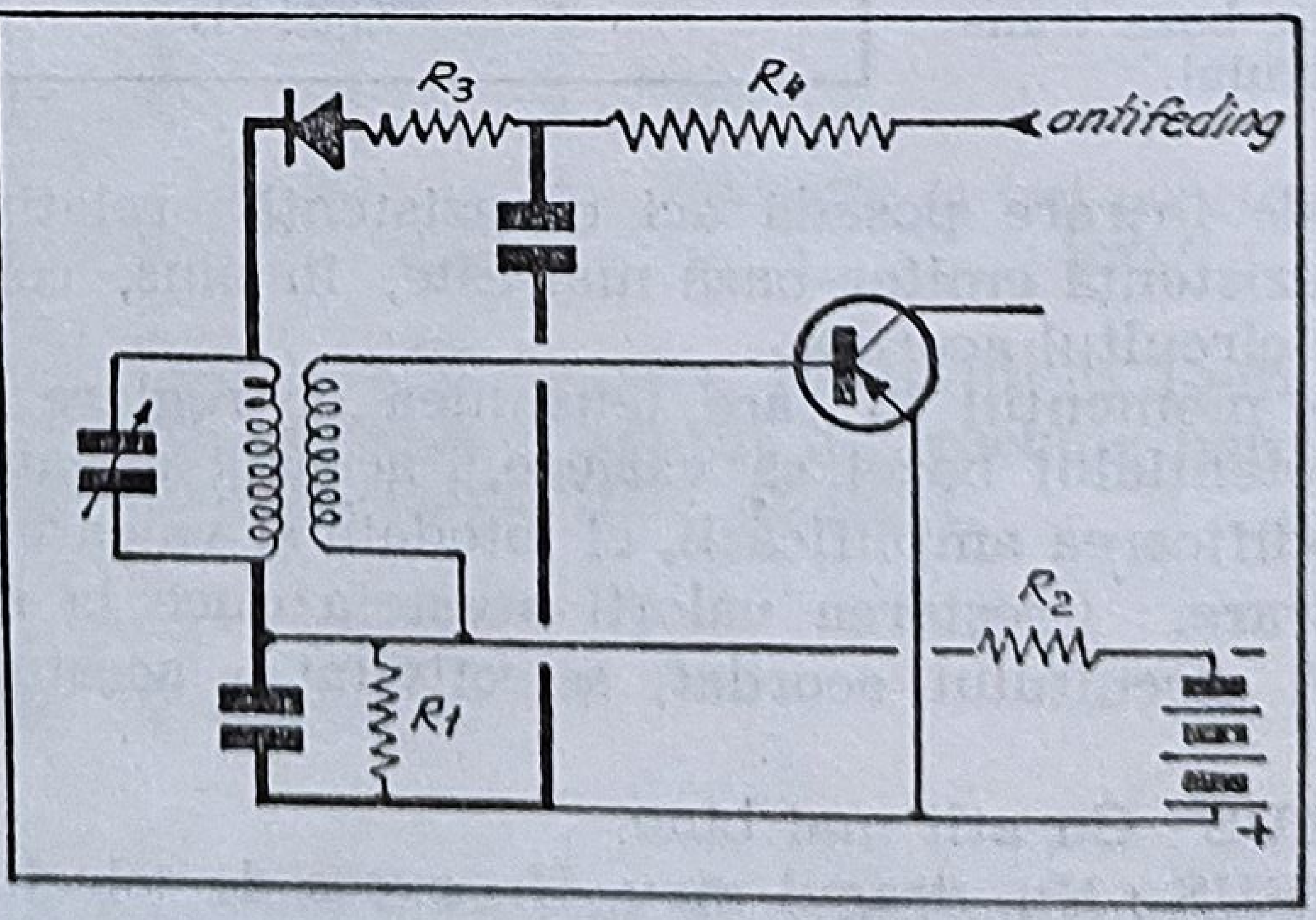
Dimpotrivă, în cazul semnalelor puternice, tensiunea antifeding devine mai pozitivă decît potenţialul punctului de conexiune dintre rezistenţele R_1 şi R_2 (divizor de tensiune). În acest moment dioda conduce şi deci lasă să treacă curentul. Cu alte cuvinte rezistenţa sa încetează de a mai fi infinită şi se micşorează proporţional cu creşterea tensiunii de antifeding.



RECEPŢIONAREA MAI MULTOR GAME DE UNDE

CURIOSUS : Crede-mă, te rog, că există nenumărate probleme în toate domeniile radioelectricităţii.

Astfel utilizarea mai multor game de unde necesită introducerea în circuitele de acord de IF a tot atîtea bobine, inclusiv



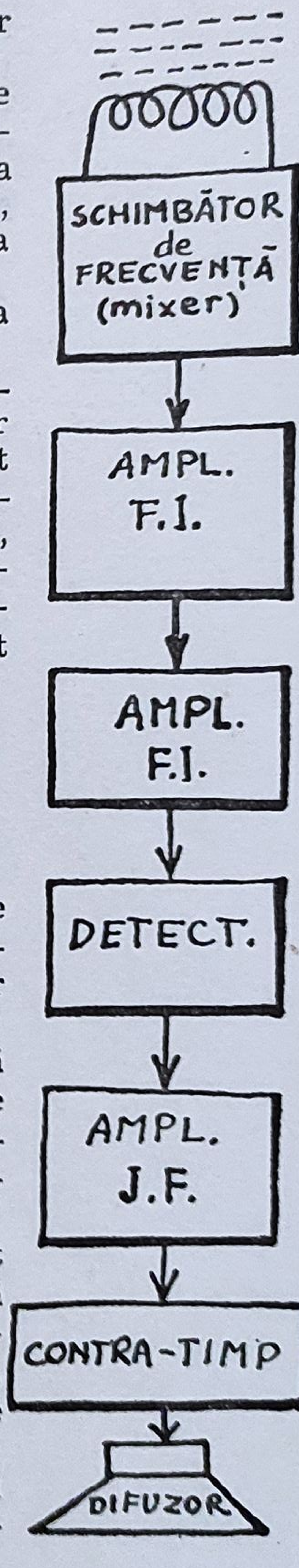
Dioda de amortizare se conectează în paralel pe circuitul rezonant.

circuitul oscilant pentru fiecare din etajul schimbător de frecvență. După cum ți-am mai explicat la sfîrșitul celei de a cincea convorbiri, pentru a trece de la undele lungi la undele medii și eventual la cele scurte, trebuie utilizat un comutator care să permită trecerea de la o înfășurare la alta.

Există soluția unor bobine distincte, dar în cele mai multe cazuri se utilizează înfășurări legate în serie, cea mai scurtă servind la recepționarea undelor scurte, ca după aceea pe măsura creșterii numărului de spire să se poată trece la undele medii, pentru ca în final toată lungimea înfășurării să servească la captarea undelor lungi.

IGNOTUS : De fapt, și antena trebuie să fie legată la una din aceste trei înfășurări.

CURIOSUS : Da, este exact. Dar în majoritatea receptoarelor actuale, antena nu servește decît la recepționarea undelor scurte. În ceea ce privește undele medii și lungi, acestea sînt captate cu ajutorul înfășurărilor realizate pe miezuri electromagnetice (de obicei pe ferite). Îți amintesc că aceste miezuri, fiind niște excelente conductoare pentru liniile de forță magnetice, concentrează în interiorul lor cîmpurile undelor electromagnetice, în așa fel încît aceste mici colectoare de unde sînt echivalente unor antene de dimensiuni mult mai mari.



RECEPTOARE DE BUZUNAR

IGNOTUS : De abia acum înțeleg felul în care sînt captate de către un mic receptor de buzunar emisiunile posturilor îndepărtate. Și totuși, care este componența unui astfel de receptor ce posedă un volum atît de mic.

CURIOSUS : Montajul poate fi o superheterodină ce posedă un schimbător de frecvență (mixer), două etaje de amplificare intermediară, un etaj de detecție cu diodă și două etaje amplificatoare de joasă frecvență, cel de ieșire fiind montat în contratimp.

IGNOTUS : Dragă Curiosus, îți bați joc de mine ! Cum pot să cred că într-o cutie atît de mică încap o jumătate de duzină de tranzistoare, una sau două diode, două condensatoare variabile și o cantitate serioasă de bobine, condensatoare, rezistență, asta fără a mai pune la socoteală firele de conexiune și bateriile de alimentare...

CURIOSUS : Ei bine, nu te speria, am să-i cer unchiului meu să-ți explice diversele procedee de miniaturizare și microminia-

turizare. Aceste se pot aplica universal cu o singură excepție.

IGNOTUS : Care anume ?

CURIOSUS : Pînă acum nu s-a ajuns încă la microminiaturizarea ființelor omenești. Iată dece nu vom putea microminiaturiza piesele sau componentele ce servesc la reglare, cum ar fi butoanele rotative, clapele de la schimbătoarele de unde și altele.

IGNOTUS : După părerea mea, excepția este mai mult decît fericită.

Profesorul Radiol descrie

Cablajele imprimate și circuitele integrate

În prezent, toată aparatura electronică fabricată în serie utilizează cablaje imprimate, fapt ce economisește munca și cheltuielile de cablare. Din ce în ce mai mult se face apel la procedeele folosite în microelectronică, procedee ce utilizează circuite integrate. În acest capitol profesorul Radiol explică rolul lor, materialele din care sînt realizate, cît și tehnologia lor de fabricație.

Înainte de cel de al doilea război mondial, fabricarea aparatelor de radio necesita un proces de cablare lung și complicat. Toate conexiunile între diferitele componente erau realizate din fire de cupru, ale căror extremități trebuiau lipite (sudate) pe terminalele componentelor, astfel încît să se realizeze lipituri (suduri) rezistente.

APARIȚIA CABLAJELOR IMPRIMATE

Cînd la rîndul lor Statele Unite ale Americii au intrat în cel de al doilea război mondial, cercetătorii din această țară au pus la punct obuze, care erau destinate doborîrii avioanelor. Aceste proiectile, prevăzute cu dispozitive speciale, își îndeplineau rolul chiar dacă nu atingeau avionul vizat. Dispozitivul electronic pe care îl conțineau, făcea ca fiecare obuz să explodeze în apropierea avionului ce trebuia doborît. Ținînd seama de șocul foarte mare la care era supus obuzul în momentul lan-

sării sale, nici un fel de cablaj, realizat cu fire, nu putea rezista. Astfel, pentru a realiza tipul acesta de dispozitiv, s-au creiat cablajele imprimate. Acestea prezintă avantaje foarte mari față de firele de conexiune, pe care de altfel le-au înlocuit.

Fabricarea lor în serie este mult mai economică față de procesul clasic de cablare. În plus, cablajele imprimate asigură contacte mult mai fiabile (cu siguranță în funcționare). Fiabilitatea este un termen des utilizat în domeniul electronicii, definindu-se ca „demn de încredere, sigur, durabil în timp"...

MODUL DE FABRICARE

Cum se realizează în prezent cablajele imprimate ? bineînțeles, nu prin procedeele de imprimare folosite la începutul fabricării lor.

Ca material de bază se utilizează plăci de material izolant care, pe una din fețe, sînt acoperite cu un strat foarte subțire de cupru.

Părțile acestei suprafețe conductoare, care au rolul de conexiuni, se acoperă cu un strat de lac protector. Apoi, plăcile se cufundă într-o baie de soluție acidă, care atacă și dizolvă părțile stratului de cupru, neprotejate cu lac protector.

După aceasta se trece la realizarea găurilor, în locurile prin care vor trece terminalele diverselor componente, cu care se efectuează montajul. Se montează apoi aceste componente pe cealaltă față a plăcii, trecînd terminalele de conexiune ale acestora prin găurile realizate în operația precedentă.

După executarea acestor operații, mai rămîne numai efectuarea operației de lipire a firelor de conexiune (terminalelor) a componentelor, de părțile de cupru care le înconjoară. Aceste lipituri se realizează foarte simplu și simultan, prin trecerea (scufundarea) feței placate cu cupru a plăcii, pe suprafața unei băi de aliaj de cositor topit.

TEHNICA FOTOGRAFIERII ÎN SERVICIUL ELECTRONICII

După cum vedeți, toate acestea sînt mai simple și mult mai puțin costisitoare, decît realizarea unei cantități considerabile de conexiuni realizate cu fire conductoare. Vă veți întreba, bineînțeles, care este modul în care porțiunile de cupru ce tre-

buie să realizeze conexiunile se acoperă cu lac protector, în timp ce restul de cupru dispare prin corodarea (dizolvarea) sa în soluţia acidă.

Ei bine, şi aci se face apel la un procedeu fotografic. Se începe prin desenarea dispunerii ansamblului de conexiuni ce trebuie să figureze pe un cablaj imprimat. După aceea se fotografiază acest desen, obţinîndu-se un negativ pe o peliculă transparentă.

Această peliculă se suprapune pe stratul de cupru, care în prealabil a fost acoperit cu lac fotosensibil. Sub influenţa luminii, acest lac devine incorodabil în soluţiile acide, care în mod normal l-ar dizolva foarte uşor.

Astfel prin proiectarea unui fascicol puternic de lumină pe placa negativă, toate porţiunile acoperite cu lac, care se găsesc sub porţiunile opace ale negativului desenului original, nu suferă nici o schimbare, în schimb cele ce se găsesc sub porţiunile transparente devin insolubile în soluţiile acide, ca urmare a acţiunii luminii.

Acum veţi ghici desigur, că singura operaţie ce mai trebuie efectuată este cufundarea plăcii într-o soluţie, care va dizolva toate porţiunile acoperite cu lac, care nu au fost supuse acţiunii fascicululului de lumină.

În acest moment dispunem de o placă, pe care toate porţiunile de cupru ce urmează să formeze conexiunile pe cablajul imprimat sînt acoperite şi deci protejate de lac. Cufundăm deci placa în soluţie acidă şi astfel scopul urmărit este atins : pe placă cuprul rămîne intact numai pe porţiunile acoperite cu lac rezistent la acţiunea acidului. Nu mai rămîne aşa dar, decît să se elimine lacul protector de porţiunile pe care le-a protejat atît de delicat şi de eficace. Operaţia aceasta va fi realizată cu ajutorul unui alt dizolvant ce permite efectuarea ei foarte uşor.

Iată, dragul meu Ignotus, felul în care se produc cablajele imprimate, cablaje ce economisesc în mare parte cantitatea de muncă necesară în cazul cablării cu fire.

CIRCUITELE INTEGRATE

După apariţia semiconductoarelor, toate metodele descrise mai sus au dus la conceperea şi realizarea *circuitelor integrate*. Dar mai înainte — sper că vă reamintiţi explicaţiile mele în legătură cu acest subiect — metodele menţionate au permis fabricarea tranzistoarelor planar.

Să vedem mai întîi ce anume este un circuit integrat ? Este o plăcuţă de material semiconductor, care înglobează circuite compuse din diverse componente active şi pasive.

Cred că nu vă surprinde faptul realizării componentelor de genul tranzistoarelor sau diodelor. Dar în acelaşi timp un circuit integrat conţine de asemenea rezistenţe, condensatoare, bobine de valoare mică şi diverse conexiuni care conectează între ele toate aceste componente. Bineînţeles că toate acestea ni se par de necrezut şi totuşi este purul adevăr.

Dar ceea ce este şi mai extraordinar în aceste mici ansambluri este densitatea componentelor pe care le conţine un circuit integrat. Numai datorită acestui fapt s-a putut realiza progresul extraordinar în ceea ce priveşte microminiaturizarea. Este bine să ştiţi că în zilele noastre, se realizează circuite integrate ce posedă un volum egal cu capul unui ac de gămălie, dar care conţine în schimb o sută de tranzistoare ! ! ! Aceste circuite sînt componentele de bază utilizate în calculatoare.

REALIZAREA COMPONENTELOR PASIVE

Să vedem acum modul în care se fabrică aceste ansamble minuscule. Faptul de a transforma un semiconductor în tranzistor sau diodă nu vă surprinde. Ne punem însă întrebarea modului cu ajutorul căruia se realizează componentele pasive.

Rezistenţele se realizează prin introducerea în masa semiconductorului, prin aliere sau difuzie a unei cantităţi precis dozată de impurităţi, care pe o lungime, o lăţime şi o adîncime bine calculată, să dea naştere rezistivităţii dorite.

De asemenea rezistenţele se mai pot realiza prin acoperirea semiconductorului cu un strat foarte subţire de izolant (cuarţ) pe deasupra căruia se depune o substanţă de natură rezistivă, sub forma unei benzi, care de obicei are o formă ciudată în scopul obţinerii lungimii dorite.

Cît despre *condensatoare*, acestea se obţin prin acoperirea semiconductorului cu un strat foarte subţire de izolant depunînd apoi pe acesta un metal conductor care constituie cea de a doua armătură a condensatorului.

Condensatoarele de valoare mică se pot obţine foarte simplu cu diode polarizate în sensul opus conducţiei (sens invers). În aceste condiţii, joncţiunea joacă un rol de dielectric, separînd cele două armături ale condensatorului.

Dificultatea mare de realizare o pun însă *inductanţele*. Se obţin totuşi, însă de valori foarte mici. Inductanţele obţinute

astfel nu servesc decît în gama hiperfrecvențelor sau frecvențelor ultraînalte. Tehnologia constă în depunerea unei spirale plate de metal pe un strat izolant de cuarț.

FABRICAREA M.S.I. ȘI A L.S.I.
sau fabricarea circuitelor integrate pe scară medie și a circuitelor integrate pe scară largă

Bineînțeles că nu toate circuitele integrate sînt microminiaturizate la dimensiunile celui pe care l-am amintit mai sus. Dar găsim și circuite M.S.I., inițiale, care în limba engleză se traduc prin *integrare pe scară medie* (Medium Scale Integration). Densitatea componentelor lor este mult inferioară celor denumite L.S.I., inițiale ce se traduc tot din limba engleză prin *integrare pe scară largă* (Large Scale Integration). Acestea din urmă conțin cîteva mii de componente.

O să-mi puneți întrebarea logică de altfel, a tehnologiei de fabricație a acestora sau cu alte cuvinte realizarea operațiilor de depunere pe anumite suprafețe a straturilor izolante sau conductoare etc. Care sînt tehnicile utilizate în cazul integrării pe scară largă sau L.S.I. ?

Și aici tehnica fotografierii joacă un rol fundamental. Fiecare operație din procesul tehnologic are ca bază de plecare un desen ce reprezintă forma suprafețelor care urmează să fie supuse unui tratament sau altuia. Dar dimensiunile acestor desene sînt de sute dacă nu de mii de ori mai mari, decît suprafețele semiconductorului.

Desenele sînt fotografiate, apoi micșorate la dimensiunile necesare pentru obținerea unor negative pe pelicule transparente. La rîndul lor aceste negative sînt mult micșorate în momentul proiectării lor pe suprafața semiconductorului, acoperit în prealabil de un lac sensibil.

Constatați că și aici se face apel la procedee fotografice identice celor utilizate la fabricarea cablajelor imprimate. Lacul fotosensibil protejează prin insolubilitatea sa porțiunile semiconductorului care nu trebuie prelucrate în operația următoare.

Mai există însă un necaz. Lumina obișnuită posedă lungimi de undă mult prea lungi pentru utilizarea lor în fabricarea anumitor circuite microelectronice. Cea mai scurtă lungime de undă a luminii vizibile o posedă violetul — 380 nanometri (10^{-9} m). Ei bine și aceasta este prea mare în realizarea circuitelor L.S.I. În acest caz se recurge la razele ultraviolete care posedă o lungime de undă cu mult inferioară celor violete.

Cea mai complicată operaţie din tot procesul fabricării circuitelor integrate este însă realizarea conexiunilor cu exteriorul. În acest scop, toate punctele circuitelor interioare care urmează să aibă legătură cu exteriorul sînt lipite prin fire foarte subţiri de aluminiu sau de aur pe contactele capsulei. Operaţia este foarte delicată, fiind efectuată la microscop.

MOTIVELE PENTRU CARE SE REALIZEAZĂ MICROMINIATURIZAREA

Te vei întreba, dragă Ignotus, care sînt de fapt motivele care au solicitat cercetătorii de a realiza aceste procedee complexe de microminiaturizare. Există într-adevăr necesitatea cîştigării de spaţiu printr-o reducere atît de considerabilă a volumului circuitelor integrate ?

De fapt, dezvoltarea microelectronicii a fost determinată mai ales de progresele informaticii. Calculatoarele conţin mii de componente. Micşorarea dimensiunilor acestora din urmă nu este determinată numai de micşorarea spaţiului ocupat ci şi de mărirea vitezei de funcţionare.

Anumite operaţii în calculatoare se realizează într-o nanosecundă (10^{-9}s). Ori, care poate fi spaţiul parcurs de curentul electric în acest interval de timp, chiar în cazul în care acesta circulă cu viteza luminii ? Ei bine, nu parcurge decît 30 cm. Prin aceasta vreau să vă spun că dacă dorim asigurarea vitezei maxime de funcţionare a unui calculator trebuie ca distanţele ce separă între ele diversele componente să fie reduse la minimum.

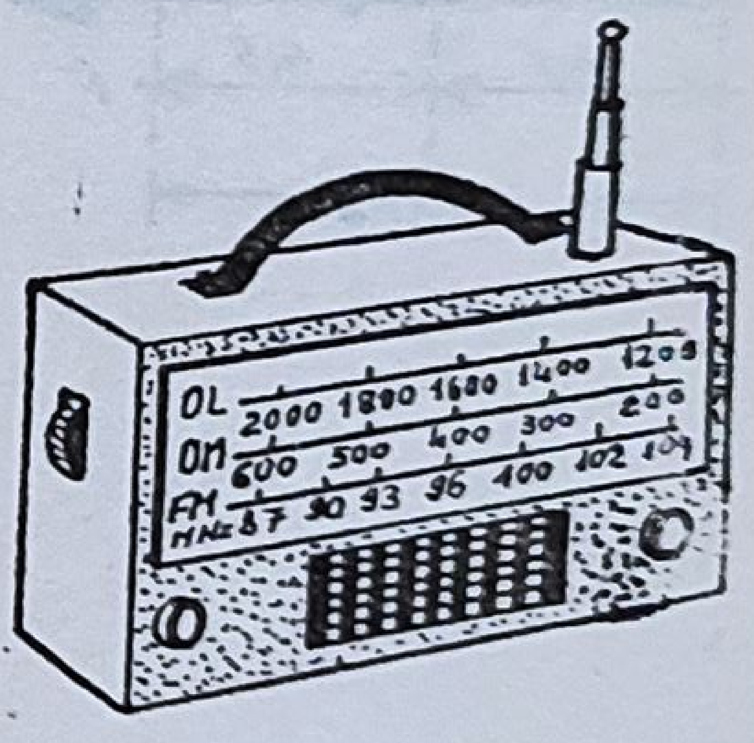
Dar să nu ne lansăm încă în vastul domeniu al informaticii. Ai şi aşa, dragă Ignotus, încă multe de învăţat în domeniul audiovizual.

Convorbirea a 14-a

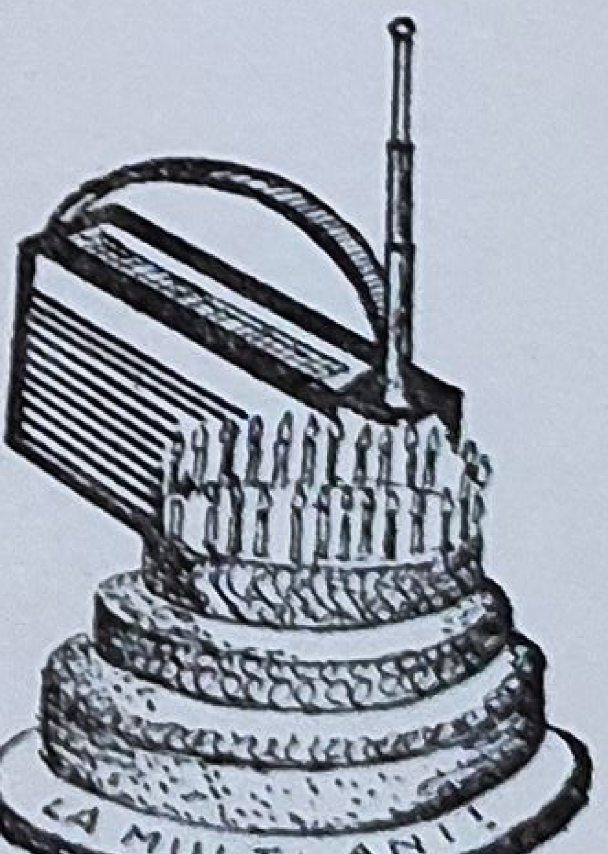
Modulația de frecvență

Care este principiul modulației de frecvență? De ce se folosesc undele metrice pentru emiterea semnalelor modulate în frecvență? Care sînt avantajele modulației de frecvență față de modulația clasică de amplitudine? Cum se realizează modularea în frecvență a semnalului, în stațiile de emisie? Toate aceste chestiuni sînt discutate în convorbirea ce urmează.

CÎTE EMIȚĂTOARE POT LUCRA ÎN FIECARE BANDĂ DE FRECVENȚĂ



IGNOTUS : Părinții mi-au cumpărat, de ziua mea, un cadou care m-a bucurat enorm : un radioreceptor portativ superb, cu trei lungimi de undă. El poate recepționa undele lungi, undele medii și undele metrice. Această a treia bandă este marcată cu MF — litere a căror semnificație nu o cunosc — iar pe scala respectivă figurează frecvențe cuprinse între 64 și 73 MHz. Am calculat că ele corespund lungimilor de undă de la 4,7 la 4 metri. S-ar părea că această bandă e foarte îngustă și totuși reușesc să recepționez în cadrul ei mai multe emisiuni. Și mai curios este că aceste emisiuni au o muzicalitate deosebită.



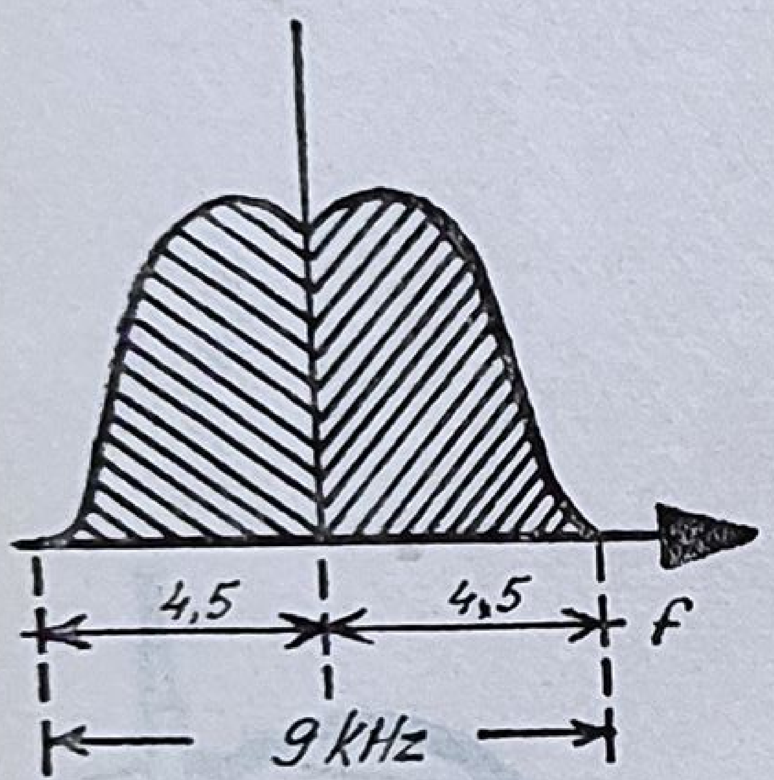
CURIOSUS : În banda de care vorbești, se utilizează *modulația de frecvență.* Indicația MF reprezintă inițialele ei. Pe unele aparate străine figurează inscripția FM care corespunde expresiei englezești *Frequency Modulation.*

Modulația de frecvență asigură o fidelitate mai bună decît modulația de amplitudine, utilizată în benzile undelor medii și lungi.

Dar, înainte de a-ți explica principiul modulației de frecvență, vreau să-ți atrag atenția că banda utilizată pentru MF nu este, c tuși de puțin îngustă.

IGNOTUS : Bine, dragul meu, dar între 4 și 4,7 metri nu sînt decît 70 de centimetri, în timp ce undele medii se întind pe aproape 400 m, de la 185 la 580 metri ; ca să nu mai vorbim de undele lungi care se întind pe vreo 800 de metri.

CURIOSUS : Ți-aș propune să te dezveți să socotești în lungimi de undă. Să încercăm să folosim frecvențele în calcul. Îți amintești explicațiile unchiului meu, despre lărgimea de bandă în cazul modulației de amplitudine ? Banda frecvențelor audio transmise în acest mod nu depășește 4 500 Hz. De o parte și de alta a undei purtătoare, iau naștere benzi de modulație cu o lățime de 4500 Hz. Rezultă că fiecare emisiune ocupă, în cazul modulației de amplitudine, o bandă de frecvențe de 9 000 Hz sau 9 kHz.



IGNOTUS : Îmi amintesc. De altfel, acesta este motivul pentru care frecvențele purtătoare ale stațiilor de emisie trebuie să fie distanțate între ele cu cîte 9 kHz.

CURIOSUS : Exact. Și acum, spune-mi te rog, cîte stații încap în banda cuprinsă între 150 și 350 kHz, dacă ții seama de distanțarea de care vorbeai.

IGNOTUS : E foarte ușor de calculat. Dacă împart lărgimea benzii de 200 de kHz la 9 kHz, rezultă că în banda undelor lungi pot lucra 22 de emițătoare cu frecvențe diferite.

CURIOSUS : Fă acum același calcul pentru undele medii, care sînt cuprinse între 500 și 1 650 kHz.

IGNOTUS : Avem deci o bandă de 1150 kHz. Dacă împart această cifră la 9, obțin cam 128. Deci, în unde medii pot funcționa 128 de stații cu frecvențe purtătoare diferite.

Voi face acum același calcul pentru banda MF cuprinsă între 64 și 73 MHz. Deci 9 MHz sau 9000 kHz. Dacă împart acest număr cu 9 obțin 1000. Formidabil !... N-aș fi crezut niciodată că într-un interval de lungimi de undă de numai 70 de centimetri pot funcționa atîtea emițătoare, distanțate între ele cu cîte 9 kHz.

LĂȚIMEA BENZILOR LATERALE ÎN MODULAȚIA DE FRECVENȚĂ

CURIOSUS : De fapt, dragul meu Ignotus, în acest interval nu vom putea folosi decît 30 de emițătoare cu modulație de frecvență cu frecvențe purtătoare diferite. Pentru acest tip de

modulaţie, emiţătoarele trebuie să fie distanţate între ele cu 300 kHz şi nu cu 9 kHz.

IGNOTUS : Pentru ce este necesară o distanţă atît de mare ? Oare fiecare din benzile laterale ocupă 150 kHz ? În fond, frecvenţele sunetelor care se aud nu depăşesc 20 kHz.

CURIOSUS : Este adevărat. Dar în modulaţia de frecvenţă, deviaţia faţă de purtătoare nu este determinată de frecvenţa sunetului modulator ci de amplitudinea lui. Atunci cînd sunetul e foarte puternic, frecvenţele se îndepărtează cu 100 de kHz de o parte şi de alta a frecvenţei purtătoare. În acest fel banda de frecvenţe ocupată de fiecare emiţător atinge 200 kHz. Iar pentru a evita interferenţa între două emiţătoare, vom prefera să distanţăm frecvenţele lor purtătoare cu 300 kHz.

RAZA DE ACŢIUNE A UNDELOR METRICE

IGNOTUS : Deci, acest interval atît de mare nu poate cuprinde mai mult de 30 de staţii de emisie ale căror lungimi de undă sînt cuprinse între 4 şi 4,7 metri.

CURIOSUS : De fapt, sînt mult mai multe staţii de MF în Europa. Putem să construim mai multe emiţătoare cu aceeaşi frecvenţă purtătoare. Este suficient să le instalăm destul de departe unul de altul.
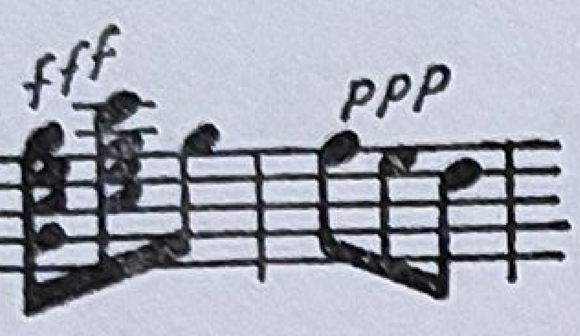
După cum ştii, raza de acţiune a undelor metrice este foarte mică. Ea nu depăşeşte niciodată 100 de kilometri.

IGNOTUS : Îmi amintesc. Aceste unde se comportă asemănător cu undele luminoase. Ele se propagă în linie dreaptă şi nu sînt reflectate de ionosferă ca undele medii care au, din această cauză, o rază de acţiune mare.

CURIOSUS : Undele metrice pătrund deci în ionosferă unde sînt absorbite. Pentru a obţine o zonă de serviciu suficient de mare, trebuie să instalăm antena de emisie într-un punct cît mai înalt.

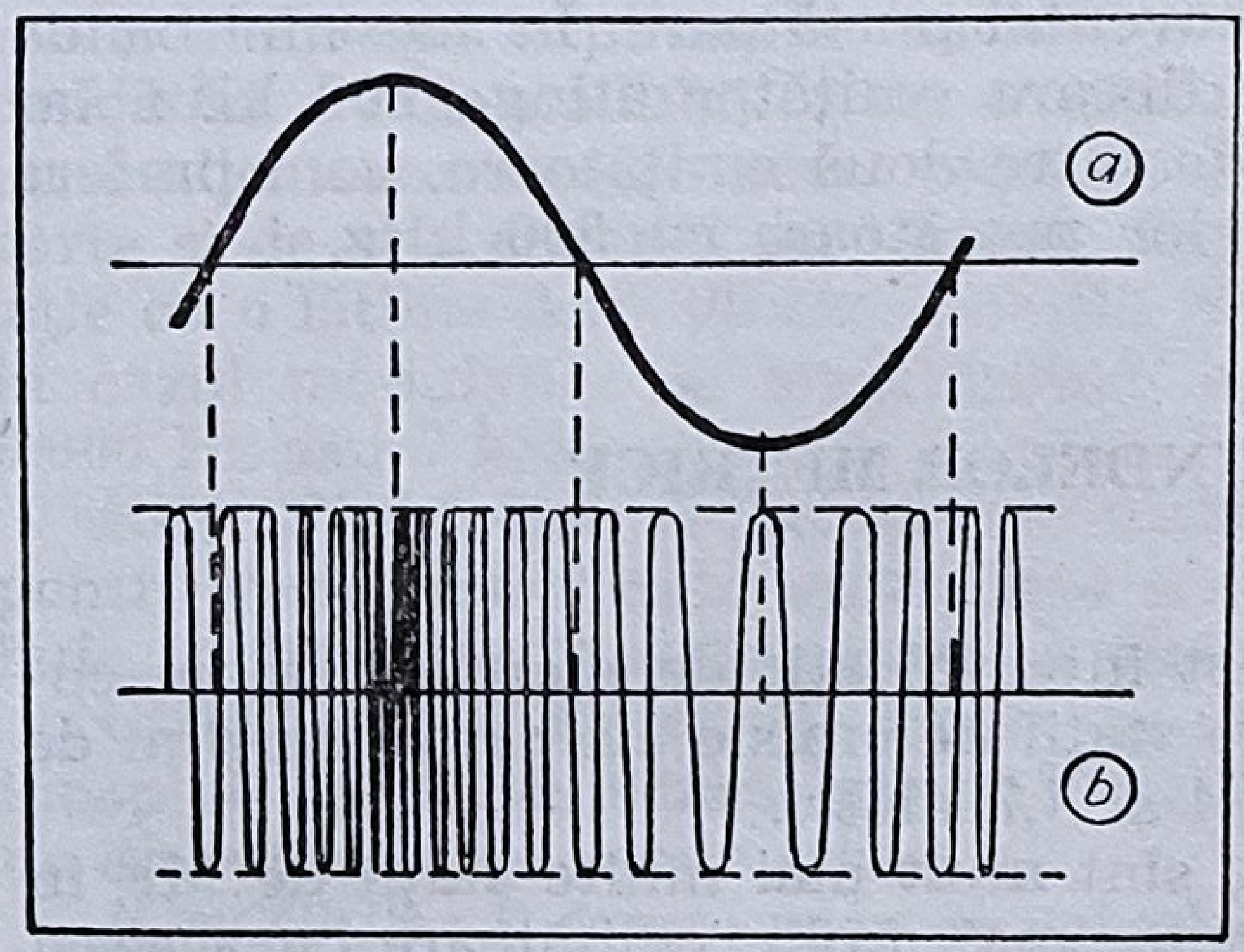
PRINCIPIUL ŞI AVANTAJELE MODULAŢIEI DE FRECVENŢĂ

IGNOTUS : Ai putea să-mi spui care este principiul modulaţiei de frecvenţă şi care sînt avantajele ei faţă de modulaţia de amplitudine ?



CURIOSUS : În modulația de frecvență, amplitudinea undei purtătoare nu variază. În schimb se modifică frecvența semnalului emis, în funcție de valorile instantanee ale sunetului care trebuie transmis.

Prin urmare, frecvența de repetiție a acestor variații de frecvență corespunde cu frecvența semnalului modulator de audiofrecvență ; mărimea deviațiilor de frecvență este însă stabilită de amplitudinea semnalului de AF.



a — Semnalul modulator de audiofrecvență ;
b — Curentul de IF modulat în frecvență a cărui amplitudine rămîne constantă.

IGNOTUS : Așa se explică deci, această întindere uriașă a benzilor laterale de modulație, despre care spuneai că pot ocupa 100 kHz.

CURIOSUS : Bineînțeles. De altfel, în modulația de frecvență se poate obține un raport foarte mare între *fortissimo* și *pianissimo*, lucru irealizabil în modulația de amplitudine.

IGNOTUS : De ce ? Cine mă împiedică să am, pe de o parte, amplitudini de două ori mai mari decît cea a frecvenței purtătoare și, pe de altă parte, amplitudini aproape egale cu zero.

CURIOSUS : Aceasta ultimă posibilitate este... imposibilă. Nu putem reduce prea mult amplitudinea semnalului pentru că trebuie să ne situăm deasupra nivelului *zgomotului de fond*.

IGNOTUS : Ce înseamnă zgomot de fond ? Este vorba cumva de fîșiitul pe care îl auzim în receptor, în lipsa unei emisiuni ?

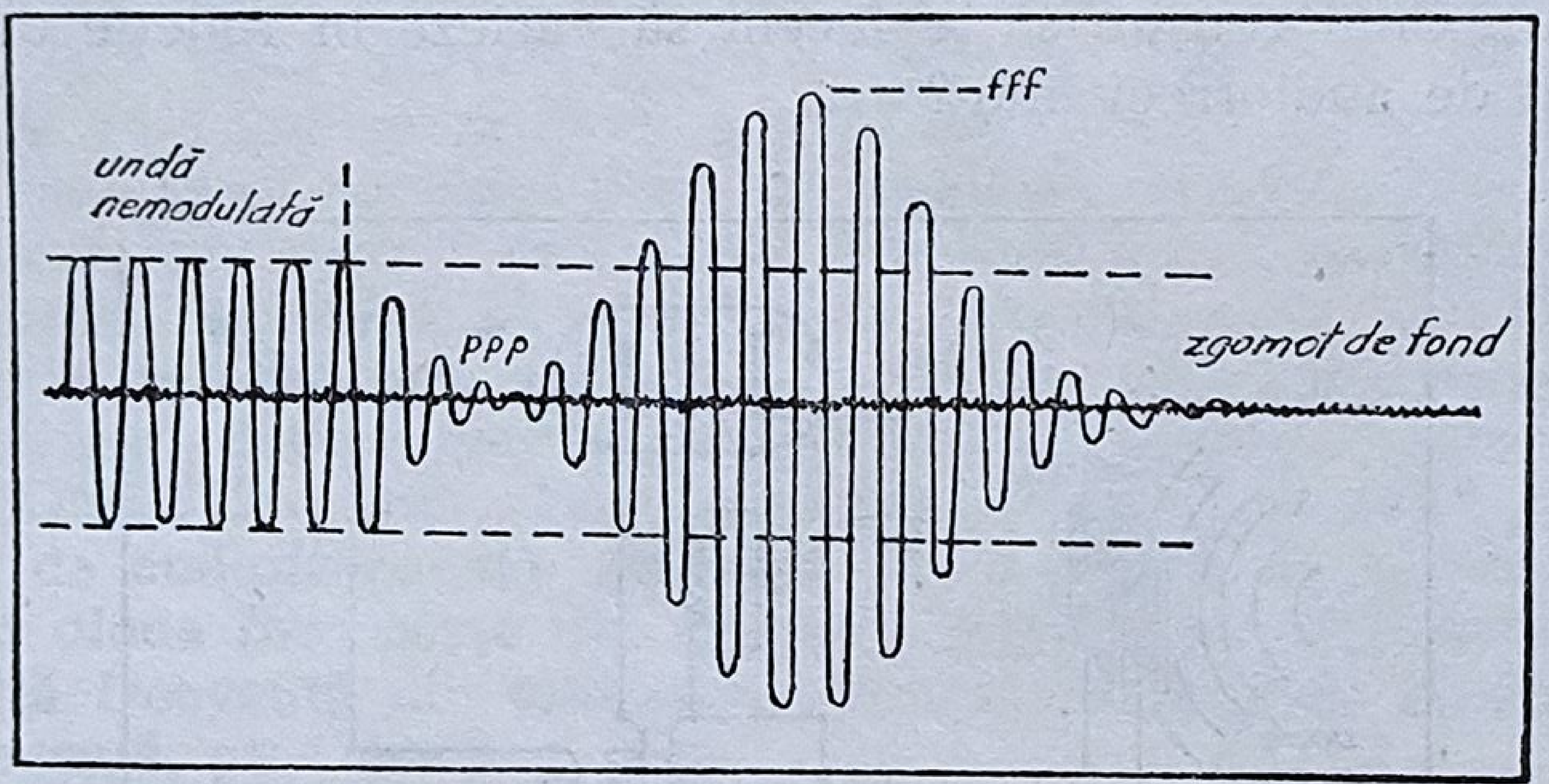
CURIOSUS : Exact. El se datorează unor surse care se află atît în interiorul cît și în exteriorul receptorului : pe de o parte, perturbațiile atmosferice și paraziții industriali, iar pe de altă parte, agitația termică în semiconductoarele și rezistențele din receptor generează acest fîșiit, al cărui nivel trebuie să fie de-



pășit chiar și de cele mai slabe sunete din muzica transmisă. Din această cauză raportul dintre cele mai puternice și cele mai slabe sunete transmise cu modulație de amplitudine este, într-o oarecare măsură, limitat.

IGNOTUS : Care este cel mai mare raport între fortissimo și pianissimo în cazul unei orchestre pe care o asculți direct ?

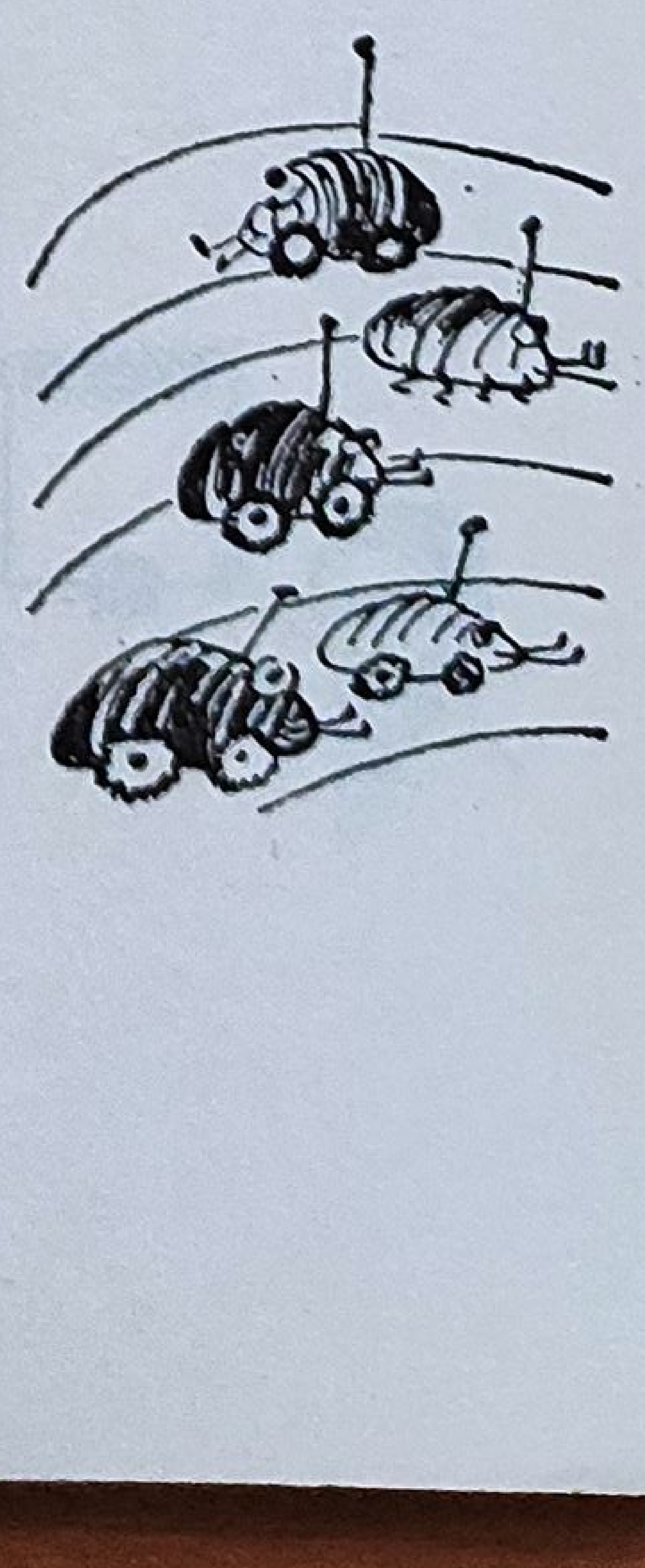
CURIOSUS : Chiar și zece mii. Un raport atît de mare nu poate fi reprodus la recepție nici măcar cu ajutorul modulației de frecvență. Se transmite însă un raport pe deplin acceptabil.



Cînd o purtătoare de IF este modulată în amplitudine, limitele acestei modulații sînt reprezentate prin dublul amplitudinii undei nemodulate — în cazul valorii maxime — și prin zgomotul de fond — în cazul valorii minime.

Te rog să reții, deci, că unda modulată în frecvență are o amplitudine constantă. Variațiile de frecvență ale purtătoarei reproduc frecvențele din semnalul modulator. Dacă acesta are, de exemplu, o frecvență de 1 000 Hz, frecvența undei emise variază de 1 000 de ori pe secundă. Iar întinderea acestei variații de frecvență depinde de amplitudinea semnalului modulator.

IGNOTUS : Dacă am înțeles bine, frecvența semnalului sonor transmis nu mai e limitată la 4 500 Hz ca în cazul modulației de amplitudine ?



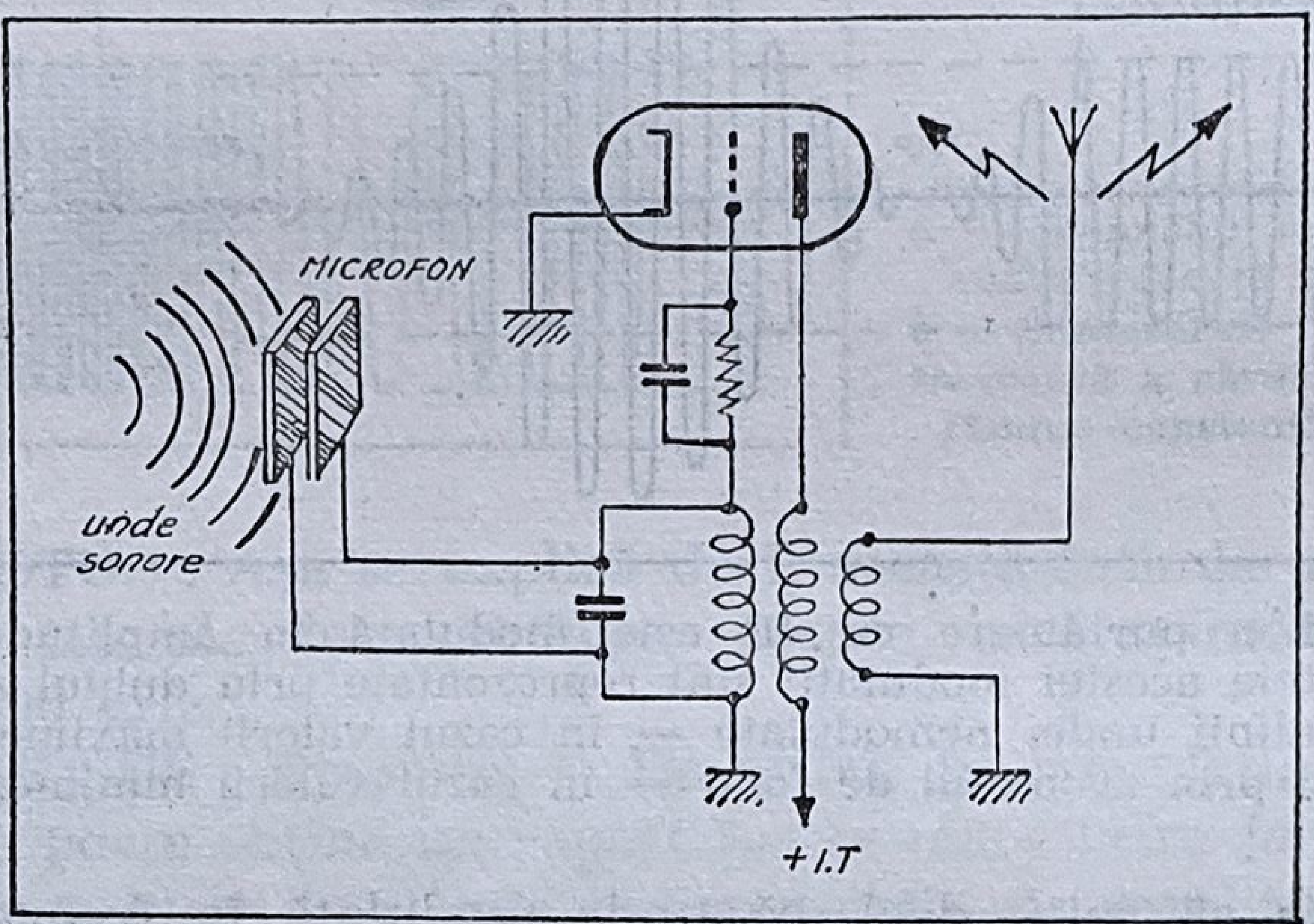
CURIOSUS : Sigur că nu. De altfel, acestei posibilități de a transmite o bandă mai largă de frecvențe și faptului că raportul amplitudinilor nu mai este limitat, îi datorează modulația de frecvență superioritatea sa față de modulația de amplitudine. În plus amplitudinea constantă a undei purtătoare îi asigură emițătorului un randament foarte bun.

CUM SE OBȚINE MODULAȚIA DE FRECVENȚĂ ?

IGNOTUS : Cum se realizează în emițător procesul de modulare în frecvență a undei purtătoare ? Presupun că acest rezultat se obține prin modificarea acordului circuitului oscilant al generatorului de înaltă frecvență.

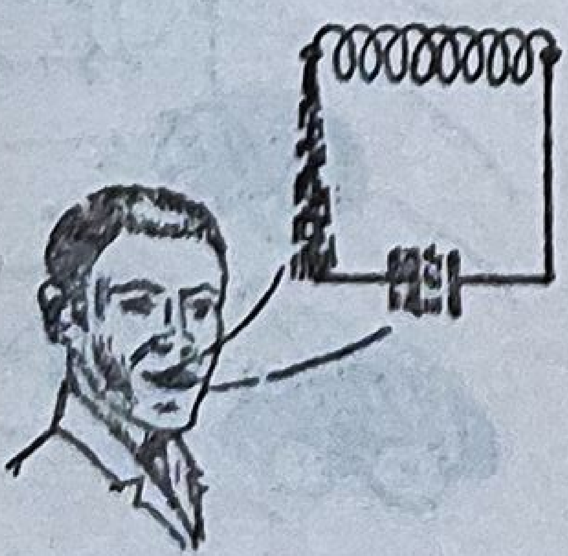
CURIOSUS : Ipoteza ta este justă și logică. Cred că știi de cine depinde frecvența de acord a acestui circuit.

IGNOTUS : Desigur : de reactanțele bobinei și condensatorului. Cum reușim să le facem să varieze în funcție de curentul de audiofrecvență ?

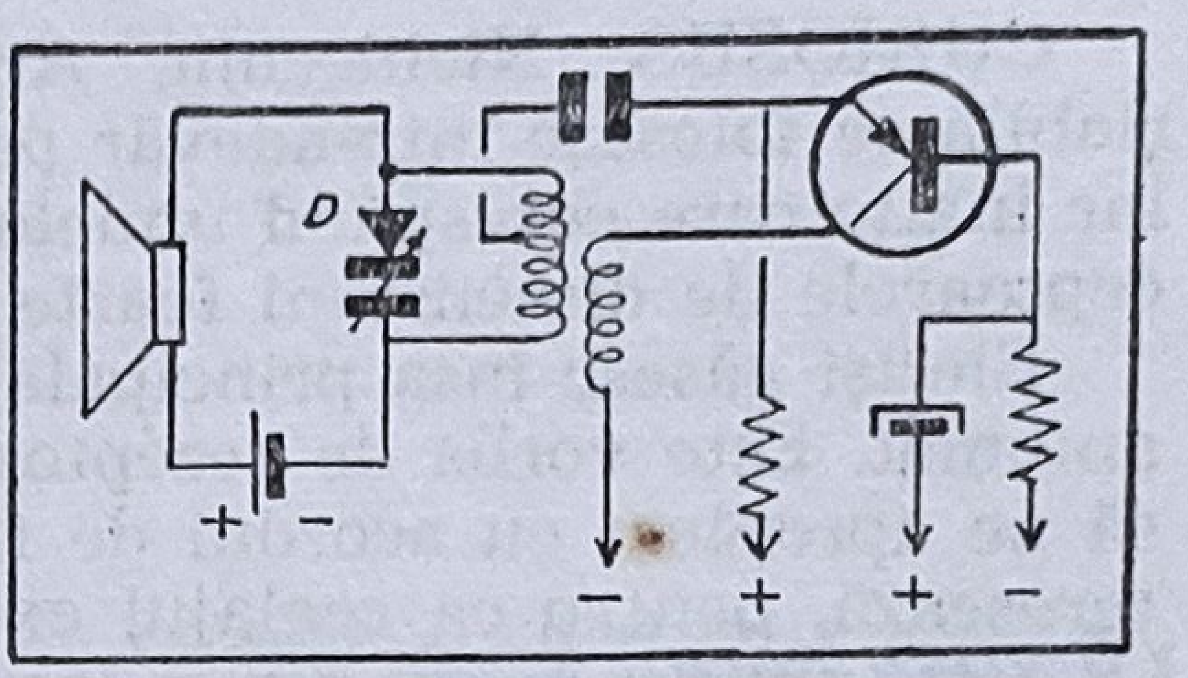


Putem obține modulația de frecvență, folosind un microfon care îndeplinește rolul de condensator și a cărui capacitate variază sub acțiunea undelor sonore și modifică astfel frecvența emițătorului.

CURIOSUS : Elementul care poate fi modificat este capacitatea. Putem realiza, în acest scop, un microfon sub forma unui condensator cu o armătură rigidă și cu a doua armătură destul de elastică pentru ca să vibreze sub acțiunea undelor sonore. Numai că un astfel de microfon nu va asigura o fidelitate prea înaltă.



De aceea se folosesc circuite în care capacitatea dintre doi electrozi ai unui tub electronic variază sub acțiunea tensiunilor de AF aplicate pe grila lui de comandă. Nu-ți mai desenez schema circuitului.



Dioda *D*, montată într-un circuit oscilant, realizează, sub acțiunea semnalului produs de microfon, o modulație de frecvență.

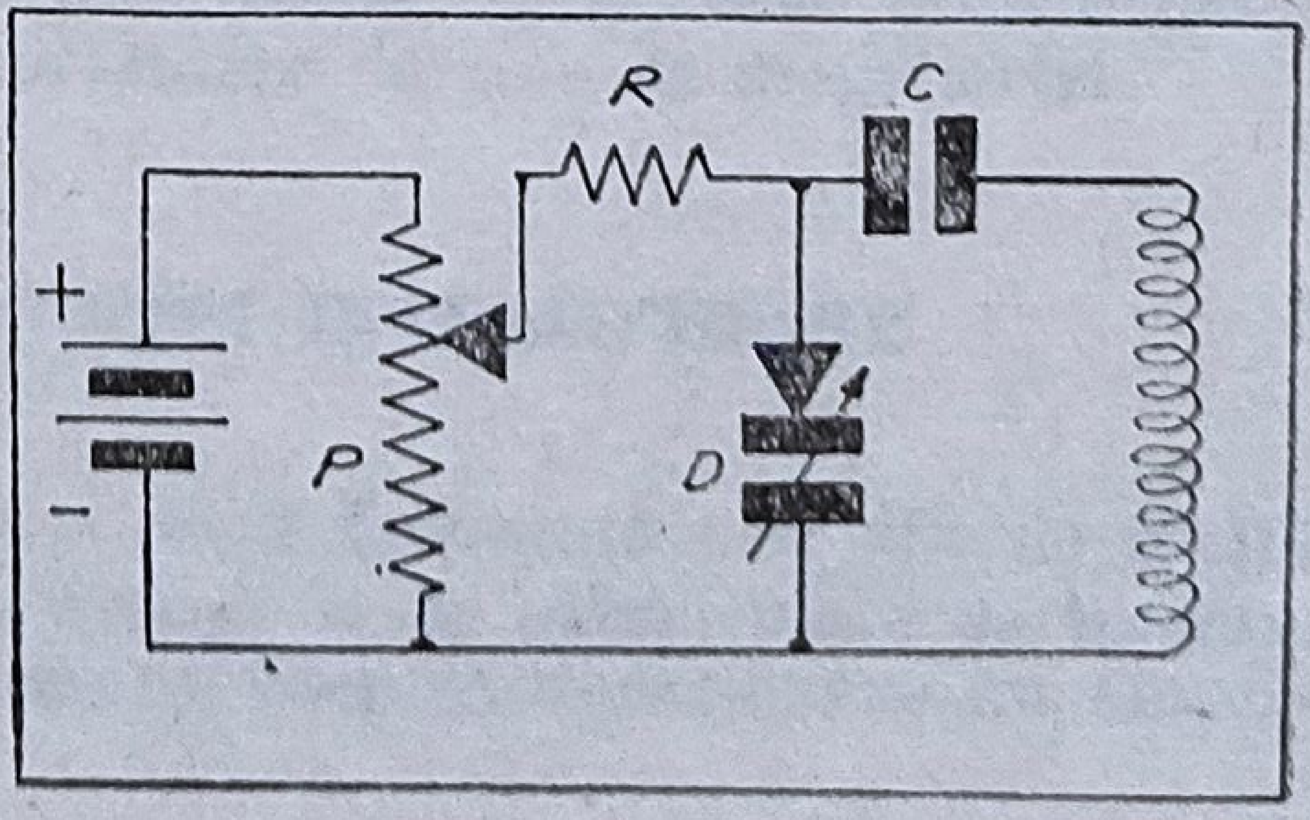
IGNOTUS : Spune-mi, nu se pot folosi și semiconductoare în acest scop ?

CURIOSUS : Ba da. De altfel există diode semiconductoare care sînt niște adevărate condensatoare variabile. Dacă i se aplică unei asemenea diode o tensiune de sens opus celei pentru care trece curentul prin ea, joncțiunea joacă rolul dielectricului care separă cele două armături ale condensatorului. Grosimea stratului care constituie joncțiunea se modifică în funcție de tensiunea aplicată. Cu cît este mai mare tensiunea, joncțiunea devine mai subțire și deci capacitatea scade.

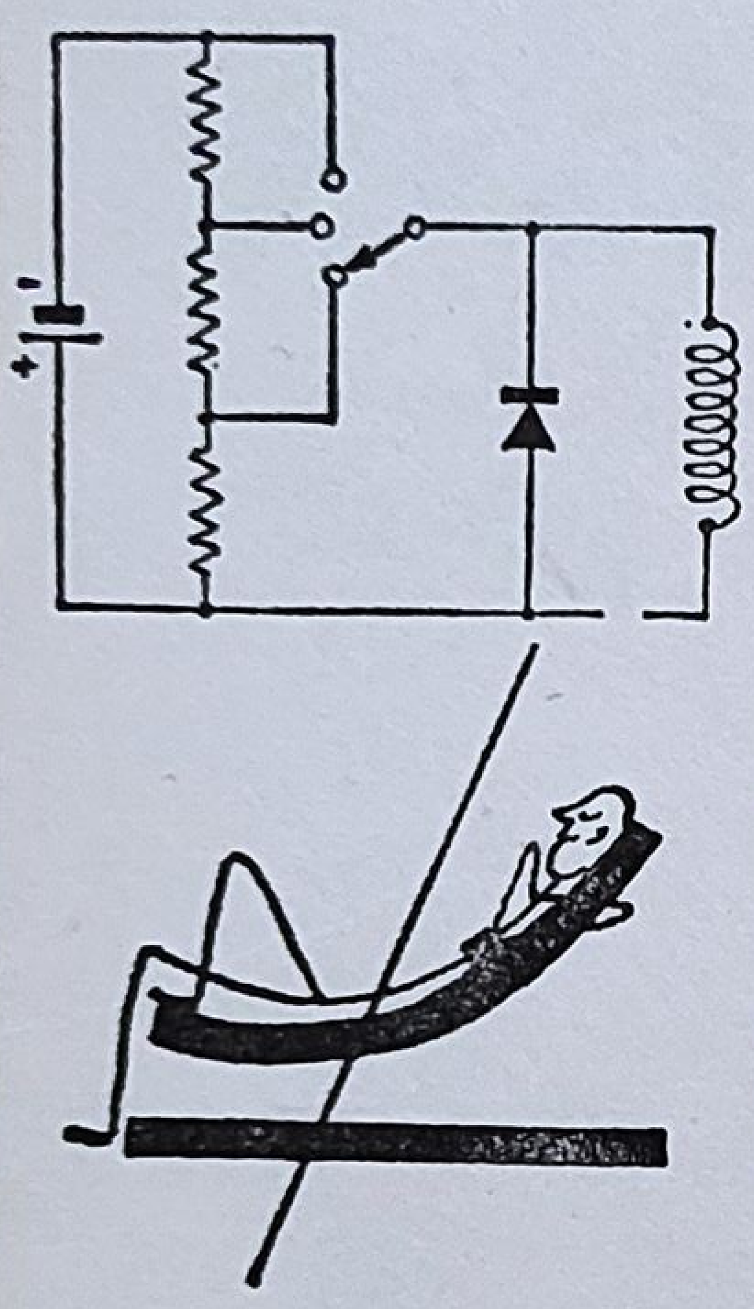
IGNOTUS : Deci, dacă aplicăm pe o astfel de diodă tensiunea de audiofrecvență generată de curentul de microfon și, dacă dioda face parte din circuitul oscilant al oscilatorului de înaltă frecvență din emițător, obținem un semnal modulat în frecvență, nu-i așa ?

CURIOSUS : Văd că ai înțeles foarte bine principiul modulației de frecvență, lucru pentru care te felicit.

IGNOTUS : Mă întreb însă, dacă această diodă cu capacitate variabilă nu are și alte posibilități decît cea de a realiza modulația de frecvență. N-am putea s-o folosim pentru acordul circuitelor în locul clasicului condensator variabil cu plăci care se rotesc ? Ar fi de ajuns să reglăm printr-un potențiometru tensiunea care se aplică pe dioda respectivă, conectată în circuitul de acord al receptorului. Am zis cumva o prostie ?



Dioda *D* îndeplinește, sub acțiunea unei tensiuni de sens opus conductibilității sale, rolul unui condensator a cărui capacitate variază în funcție de tensiune, modificînd astfel acordul circuitului



CURIOSUS : Nicidecum. Aceste diode cu capacitate variabilă se folosesc într-adevăr pentru acord în cazul frecvențelor înalte care corespund undelor foarte scurte, mai ales în receptoarele de dimensiuni foarte mici.

Ele își găsesc însă principala utilizare în aparatele cu acord automat. Este vorba de receptoarele pentru care este suficient să ne apropiem cu acordul de frecvența de emisie care ne interesează, pentru ca reglajul exact să se facă singur, automat.

IGNOTUS : Acest sistem încurajează lenevia oamenilor care se mulțumesc cu reglaje aproximative. Acum însă, aș vrea să aflu modul de funcționare al receptoarelor cu modulație de frecvență.

CURIOSUS : Ți-am explicat cum se realizează emisia cu modulație de frecvență. Este prea tîrziu, pentru ca să-ți mai explic astă-seară cel de al doilea aspect al acestei tehnici speciale. Așa că-i voi lăsa această sarcină iubitului meu unchi.

Profesorul Radiol explică:

Recepţia semnalelor modulate în frecvenţă

Recepţia emisiunilor radiofonice este mult mai complicată în cazul modulaţiei de frecvenţă, decît în cazul modulaţiei de amplitudine, atît din cauza frecvenţei foarte înalte a undelor purtătoare şi a benzii de trecere foarte largi, cît şi din cauza dificultăţilor care apar la transformarea variaţiilor de frecvenţă în variaţii de amplitudine. Toate aceste probleme, împreună cu diversele lor soluţii, sînt expuse în cele ce urmează.

Spune-mi, Ignotus, ai înţeles bine de ce lucrează în unde metrice staţiile care emit cu modulaţie de frecvenţă?

După toate calculele pe care le-ai făcut împreună cu iubitul meu nepot în cursul ultimei voastre convorbiri, cred că nu mai ai nelămuriri în această privinţă. În general, frecvenţa purtătoare trebuie să fie întotdeauna de un număr de ori mai mare decît banda ocupată de frecvenţele modulatoare.

Cînd vei studia televiziunea, vei vedea că banda de frecvenţe care asigură trecerea semnalelor de televiziune este de aproximativ 6 MHz şi nu vei fi probabil surprins să afli că, pentru unele emisiuni de televiziune, se folosesc undele decimetrice, adică frecvenţe purtătoare de sute de megahertzi.

AMPLIFICAREA FRECVENŢEI INTERMEDIARE

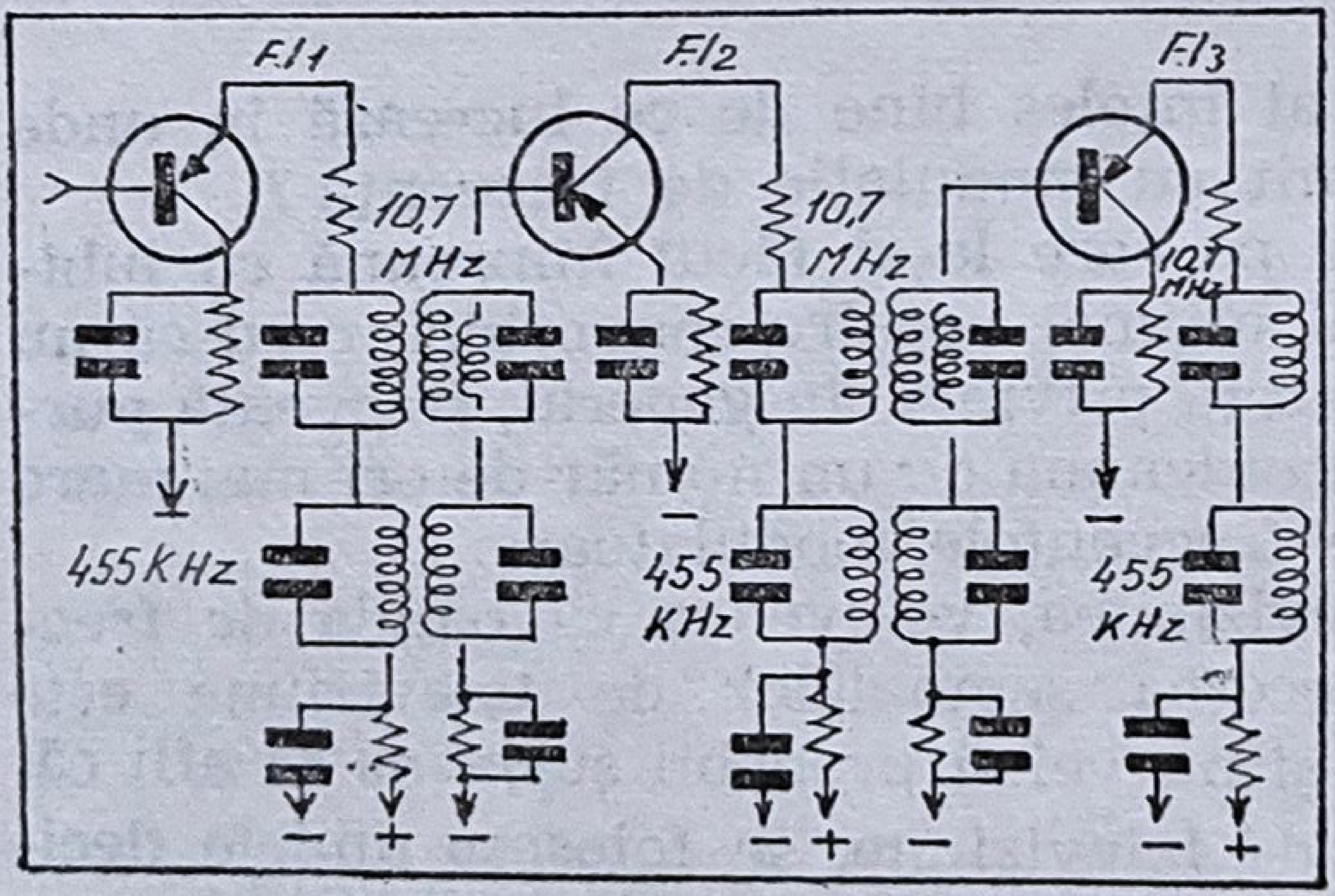
Recepţia unor semnale a căror frecvenţă este atît de înaltă ridică destule probleme, agravate şi de banda mare de trecere, care sileşte fiecare etaj amplificator să funcţioneze cu amplificare mică.

Este de la sine înţeles că, pentru recepţia semnalelor modulate în frecvenţă, se folosesc receptoare superheterodină. Dar, după cum bănuieşti, etajele amplificatoare de frecvenţă intermediară nu pot fi acordate pe frecvenţa de 455 kHz, folosită în receptoarele cu modulaţie de amplitudine.

Pentru ca să poată trece cei 300 de kHz necesari pentru benzile laterale ale modulaţiei de frecvenţă, etajele de frecvenţă intermediară sînt acordate pe 10,7 MHz. Din cauza amplificării lor relativ mici, se folosesc trei etaje amplificatoare.

Să nu-ţi imaginezi că în aparatele care recepţionează atît emisiunile cu modulaţie de frecvenţă cît şi cele cu modulaţie de amplitudine există două amplificatoare distincte de FI. Se folosesc aceleaşi tuburi sau aceleaşi tranzistoare pentru a amplifica atît frecvenţa intermediară de 455 kHz cît şi frecvenţa intermediară de 10,7 MHz.

Cum este posibil acest lucru ? Foarte simplu : se leagă în serie circuitele acordate pe 10,7 MHz cu cele acordate pe 455 kHz. Trebuie să avem, însă grijă ca circuitele de 10,7 MHz să fie instalate mai aproape de tuburile sau tranzistoarele amplificatoare.



Acelaşi amplificator de frecvenţă intermediară este utilizat atît pentru recepţia semnalelor modulate în amplitudine (cu FI acordată pe 455 kHz) cît şi pentru cele modulate în frecvenţă (cu FI = 10,7 MHz)

Atunci cînd purtătoarea are frecvenţa de 455 kHz, curentul trece fără să întîmpine vreo piedică prin circuitele acordate pe 10,7 MHz ; în schimb circuitele acordate pe 455 kHz reprezintă pentru el o impedanţă mare.

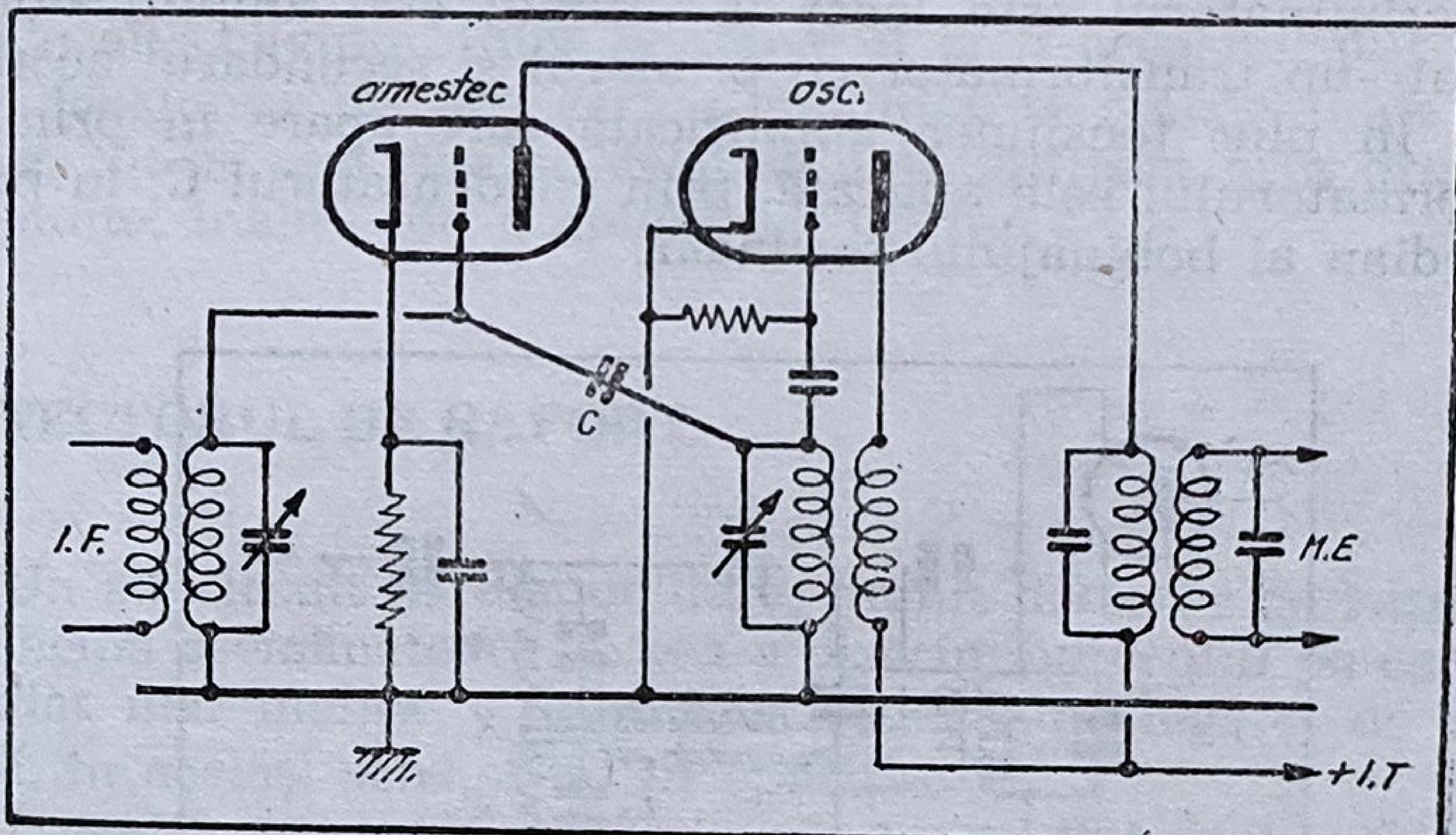
În schema amplificatorului FI cu trei tranzistoare se vede cum se face legătura între etaje, pentru cele două frecvenţe. Examineaz-o cu atenţie ; schema nu e de loc complicată.

AMPLIFICAREA IF ȘI SCHIMBAREA DE FRECVENȚĂ

Înainte de a vorbi despre frecvența intermediară, ar fi trebuit să-ți explic amplificatorul de IF și schimbătorul de frecvență. Și, ca să începem de la început, trebuie să știi că și undele metrice sînt captate cu ajutorul unei antene. Receptoarele portative au o antenă „telescopică" pe care o extragem din locașul ei pentru a asculta emisiunile cu modulație de frecvență.

Schimbătorul de frecvență este, în general, precedat de un etaj amplificator de IF. În aparatele cu tuburi un astfel de etaj este realizat cu o triodă pentru că, la frecvențe atît de înalte, trioda are o amplificare mai bună decît pentoda.

Pentru schimbarea de frecvență se preferă de obicei soluția cu oscilator local separat de tubul de amestec. Putem folosi în acest scop o duotriodă, legătura dintre oscilator și etajul de



Schimbător de frecvență cu oscilator separat; oscilațiile sînt aplicate pe grila triodei amestecătoare.

amestec realizîndu-se prin capacitatea dintre electrozi, capacitate pe care semnalele de frecvență foarte înaltă o traversează cu ușurință.

DEMODULAREA

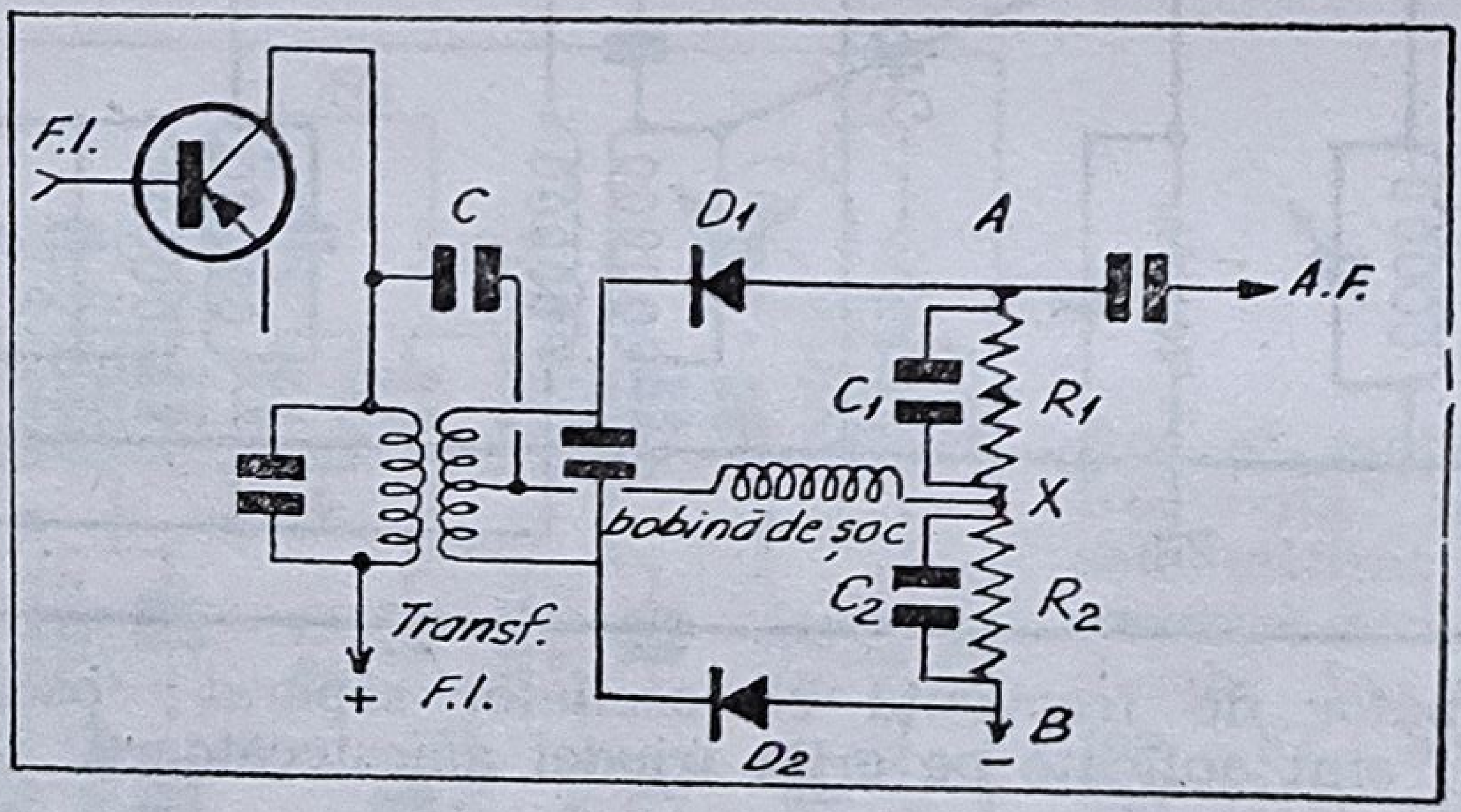
Partea cea mai specială și mai complicată a unui receptor pentru modulația de frecvență este cea care realizează *demodularea*. Care este rolul acestei părți? Funcția ei este exact inversul funcției modulatorului folosit în emițător.

Demodulatorul primeşte tensiunea de frecvenţă intermediară amplificată. Amplitudinea ei este constantă, în măsura în care nu este afectată de paraziţi sau de feding, dar frecvenţa ei variază în limite largi. Aceste variaţii de frecvenţă trebuie să fie transformate în variaţii proporţionale de amplitudine. În acest fel se obţine semnalul de AF.

Există diverse circuite de demodulare. Ţi le voi descrie doar pe cele mai utilizate, adică discriminatorul şi detectorul de raport. Fiecare din aceste circuite electronice conţine două diode, care pot fi la fel de bine tuburi electronice sau semiconductoare. În schemele pe care le voi face, voi folosi diode semiconductoare.

DEMODULAREA CU DISCRIMINATOR

Discriminatorul este legat la ultimul etaj amplificator de FI printr-un transformator cu primarul şi secundarul acordate pe FI. În plus tensiunea amplificată care apare în primarul transformatorului este aplicată, prin condensatorul C, în punctul median al bobinajului secundar.



Discriminator folosit pentru demodularea semnalului la ieşirea din amplificatorul de FI.

Fiecare din diodele D_1 şi D_2 redresează tensiunile care apar pe cîte o jumătate a bobinajului secundar. Odată redresate, ele produc căderi de tensiune de sens opus pe rezistenţele R_1 *şi* R_2.

În lipsa modulaţiei, curentul de FI conţine numai frecvenţa de 10,7 MHz pe care sînt acordate cele două bobinaje ale ultimului transformator de cuplaj. În aceste condiţii, tensiunile de pe fiecare din cele două jumătăţi ale secundarului sînt egale. Deci, după redresare, pe R_1 şi R_2 apar tensiuni continue egale

și de polarități diferite. Ele se anulează reciproc, astfel că diferența de potențial dintre punctele A și B este nulă.

Dacă însă, frecvența se îndepărtează de 10,7 MHz, echilibrul se rupe. Reactanța condensatorului care acordează secundarul transformatorului de cuplaj nu mai este egală cu reactanța inductivă a bobinajului. Între extremitățile acestuia și punctul său median apar tensiuni diferite.

Ca urmare, valorile tensiunilor redresate de D_1 și D_2 nu mai sînt egale. Între punctele A și B apare o diferență de potențial, egală cu diferența acestor două tensiuni care au polarități opuse.

Tensiunea dintre punctele A și B este cu atît mai mare cu cît crește diferența dintre frecvența instantanee la ieșirea amplificatorului de FI și frecvența de 10,7 MHz pe care sînt acordate transformatoarele de cuplaj.

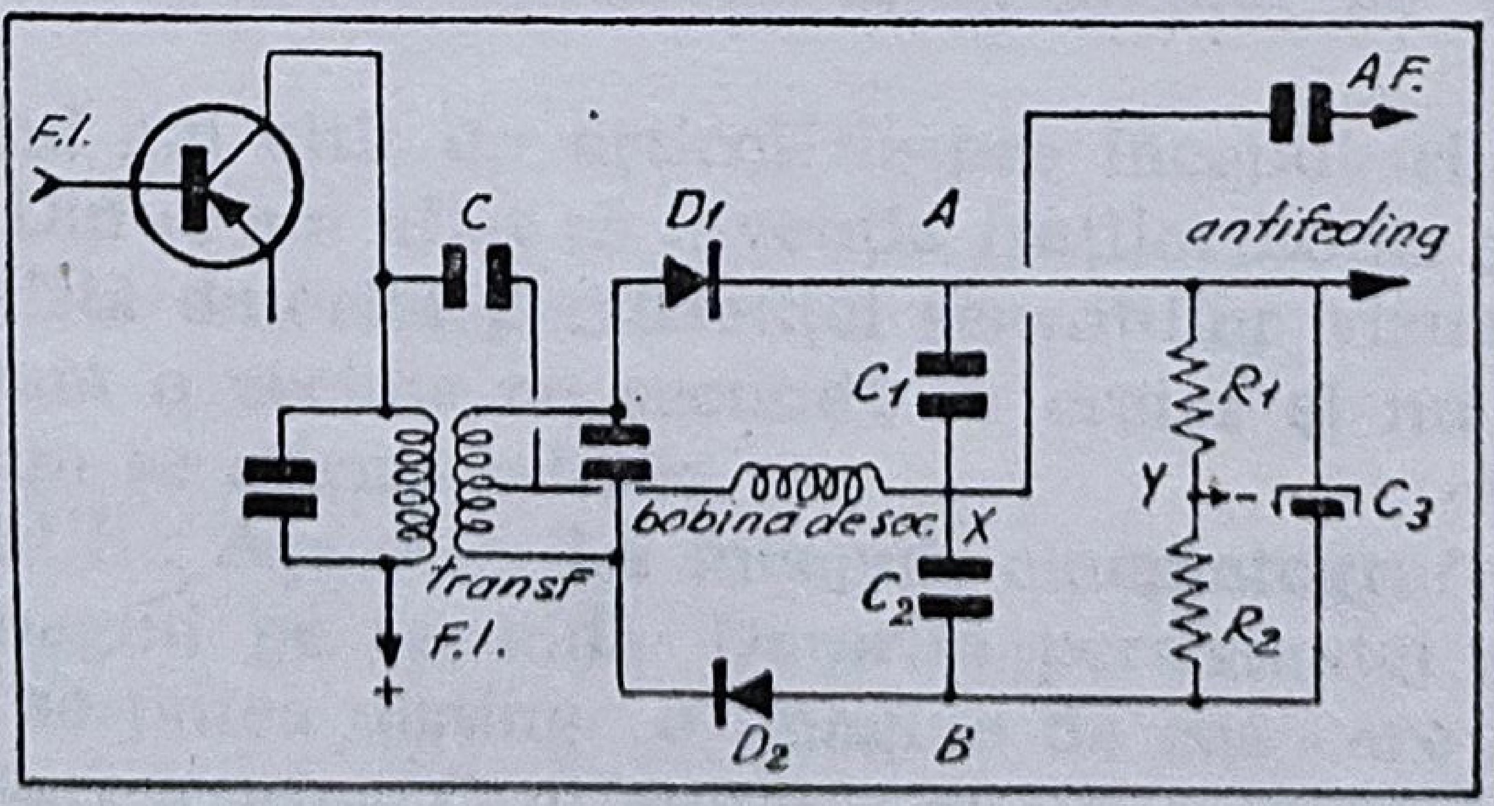
Valoarea acestei tensiuni variază în ritmul în care se modifică frecvența curentului de FI.

Cu alte cuvinte, între punctele A și B regăsim, pur și simplu, tensiunea de AF, care a modulat la emisie unda purtătoare. Nu ne mai rămîne decît să o amplificăm prin procedeele obișnuite, înainte de a aplica pe difuzor.

DETECTORUL DE RAPORT

Un alt circuit de demodulare, numit detector de raport, are o schemă asemănătoare cu cea a discriminatorului pe care l-am studiat mai înainte. Cele două diode sînt legate, de această dată, în același sens și nu în opoziție.

Datorită acestui fapt, toate tensiunile induse în secundarul transformatorului sînt redresate și crează între A și X, pe de o



Demodulator de tipul detector de raport.

parte și între A și Y, pe de altă parte, două tensiuni care se adună. Suma lor, care apare între punctele A și B, încarcă condensatorul electrolitic C_3, a cărui capacitate este de cîțiva microfarazi.

Datorită condensatorului C_3, tensiunea între punctele A și B nu-și schimbă valoarea, sub acțiunea variațiilor rapide de amplitudine provocate de paraziții atmosferici care nu reușesc să perturbe audiția.

În schimb, dacă, la intrarea în receptor, cîmpul electromagnetic scade datorită fedingului, tensiunea continuă dintre A și B își schimbă valoarea. Prin urmare această tensiune poate fi folosită pentru reglajul antifeding.

În ceea ce privește tensiunile care apar pe armăturile condensatoarelor C_1 și C_2, ele depind de valorile tensiunilor de pe cele două jumătăți ale bobinajelor secundare ale transformatorului de FI. Cînd am studiat discriminatorul, am constatat că aceste tensiuni sînt identice atunci cînd frecvența intermediară este — în lipsa modulației — 10,7 MHz și că diferă una de alta, cînd purtătoarea este modulată. În acest caz potențialul punctului X variază în raport cu potențialele punctelor A și B.

Modificările lui urmăresc ritmul variațiilor de frecvență, iar amplitudinea variațiilor lui este proporțională cu deviația de frecvență. Cu alte cuvinte, în punctul X se obține semnalul de audiofrecvență demodulat.

Există și alte circuite de demodulare. Nu-ți voi vorbi despre ele, pentru că cele două pe care ți le-am descris sînt cele mai importante.

După cum vezi, modulația de frecvență presupune receptoare mult mai complexe decît modulația de amplitudine. Dar să nu-ți închipui că realizarea lor nu merită osteneala, căci se obține o fidelitate pe care modulația de amplitudine n-o poate asigura nicicum.

Fii deci cît se poate de fidel modulației de frecvență !

Convorbirea a 15-a

Analiza imaginilor în televiziune

În această convorbire sînt abordate principiile fundamentale ale transmiterii imaginilor prin procedeele actuale de televiziune. Curiosus îi explică prietenului său metoda de explorare secvențială a elementelor imaginii, se ocupă de banda frecvențelor video, explică rolul întrețeserii liniilor și amintește principalele standarde folosite în diferite țări.

CINEMA = TRANSMITEREA IMAGINILOR ÎN TIMP

IGNOTUS : Ca de obicei, am ascultat cu mult interes și cu multă atenție expunerea înregistrată de unchiul tău pe bandă de magnetofon. Am aflat astfel cu surprindere că semnalul de televiziune ocupă o bandă enormă de frecvențe : șase megahertzi. Am auzit folosindu-se și termenul „semnal video“. Presupun că în latinește video înseamnă văd.



CURIOSUS : Văd că te pricepi la latină. În schimb se pare că nu cunoști nici măcar principiile elementare ale televiziunii.

IGNOTUS : Mă nedreptățești. Știu că în televiziune se transmit în fiecare secundă 25 de imagini, număr pe deplin suficient.

De curînd am citit un articol despre începuturile cinematografului. Din el am aflat că invenția fraților Louis și Auguste Lumière există datorită persistenței senzațiilor vizuale. Ele se păstrează cam o zecime de secundă în creier și nu pe retina ochiului, cum se afirmă adesea.

CURIOSUS : Așa este. La început, cinematograful mut folosea 16 imagini pe secundă. Datorită persistenței senzațiilor vizuale nu se putea distinge o imagine de cea care o preceda sau de cea care o urma. Continuitatea nu era pe deplin asigurată.



Începînd din 1930, odată cu apariția cinematografului sonor, s-a trecut la 24 de imagini pe secundă, frecvență foarte apropiată de cea utilizată în televiziune.

IGNOTUS : Acum înțeleg de ce ne intrigă rapiditatea mișcărilor și gesturilor pe care le fac oamenii în filmele foarte vechi, transmise la televizor. Explicația e simplă : aceste filme, care au fost înregistrate cu viteza de 16 imagini pe secundă, sînt redate cu viteza de 25 de imagini pe secundă.

Dar tot nu înțeleg de ce e nevoie de o bandă atît de largă pentru modulația video.

TRANSMITEREA SECVENȚIALĂ ÎN TELEVIZIUNE

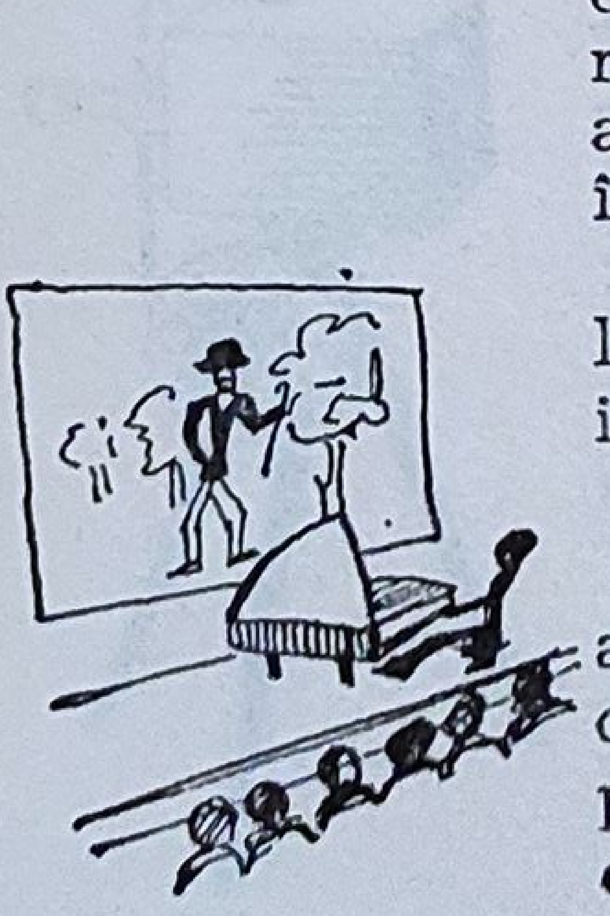
CURIOSUS : Să știi Ignotus că, dacă atunci cînd vedem un film, ochiul nostru compune mișcarea din imagini întregi, transmise una după alta în timp, în cazul televiziunii, se transmit succesiv elemente de imagine și nu imagini întregi.

IGNOTUS : Ce este un element de imagine ?

CURIOSUS : Cea mai mică porțiune din imagine ; o suprafață suficient de mică, pentru ca luminozitatea (ar trebui de fapt să folosim termenul *strălucire)* să fie uniformă. Aceste elemente de imagine sînt atît de mici încît li se spune și „puncte“. Bine înțeles că termenul este impropriu, pentru că, după cum știm din geometrie, punctul nu are nici lungime nici lățime, în timp ce elementele noastre au dimensiuni — chiar dacă acestea sînt foarte mici.

IGNOTUS : În ce ordine se transmit ele ?

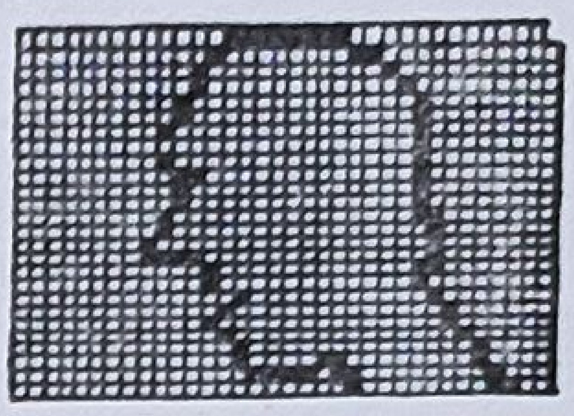
CURIOSUS : Exact în ordinea în care se citește o carte. În fiecare rînd se parcurg, de la stînga la dreapta, elementele de text, adică literele. Ajunsă la capătul unui rînd, privirea coboară puțin și se întoarce repede la stînga, spre începutul rîndului următor, reluînd urmărirea literelor. Un rînd de carte ar corespunde unei porțiuni foarte înguste a imaginii pe care în televiziune a numim „linie“.



IGNOTUS : Dacă am înțeles bine, fiecare imagine transmisă la televizor corespunde unei pagini de carte. Și „citim“ 25 de imagini pe secundă, nu ?

CURIOSUS : Exact.

IGNOTUS : Cu această viteză, aș putea citi miile de pagini ale operelor complete ale lui Balzac în cîteva minute !... Și cîte rînduri sînt pe o pagină ?... voiam să spun... cîte linii sînt pe o imagine ? Dar pe un rînd, cîte litere sînt ? Altfel spus, cîte elemente cuprinde o linie ?



Simt să răspunzîndu-mi la acestę întrebări, îmi vei explica şi de ce este necesară acea bandă uriaşă de trecere utilizată pentru televiziune.

NU EXISTĂ UN STANDARD INTERNAȚIONAL



CURIOSUS : Intuiția nu te înşeală. Trebuie să te previn de pe acum, că în domeniul televiziunii nu există un standard internațional. Diversele caracteristici ale semnalelor sînt, din păcate, diferite de la o țară la alta.

De exemplu, dacă în Europa frecvența imaginilor este de 25 pe secundă, în America se transmit 30 de cadre pe secundă. Diferența se explică prin faptul că în Europa frecvența tensiunii în rețeaua de alimentare cu energie electrică este de 50 Hz în timp ce dincolo de ocean frecvența rețelei este de 60 Hz.

Şi mai gravă este varietatea standardelor referitoare la numărul de linii în care se descompune imaginea. În Europa s-a adoptat *definiția* (termenul folosit pentru această caracteristică importantă) de 625 de linii. În Franța se mai foloseşte şi definiția de 819 linii alături de cea de 625 de linii, iar în America se utilizează 525 de linii.

IGNOTUS : Ştiu că şi în ceea ce priveşte televiziunea în culori, există diferențe ; pe continentul american şi în Japonia s-a adoptat un sistem numit NTSC, în timp ce în Europa, unele țări au preferat sistemul francez SECAM, iar altele sistemul german PAL.

CURIOSUS : Aşa este, prietene. Şi, în timp ce progresul tehnic asigură legături din ce în ce mai strînse, între toate țările lumii — în special datorită apariției şi dezvoltării rapide a aviației şi a tehnicii radio — popoarele sînt separate, nu numai datorită consecințelor turnului Babel (nu există o limbă internațională unanim acceptată), ci şi datorită diferențelor dintre standardele de televiziune.



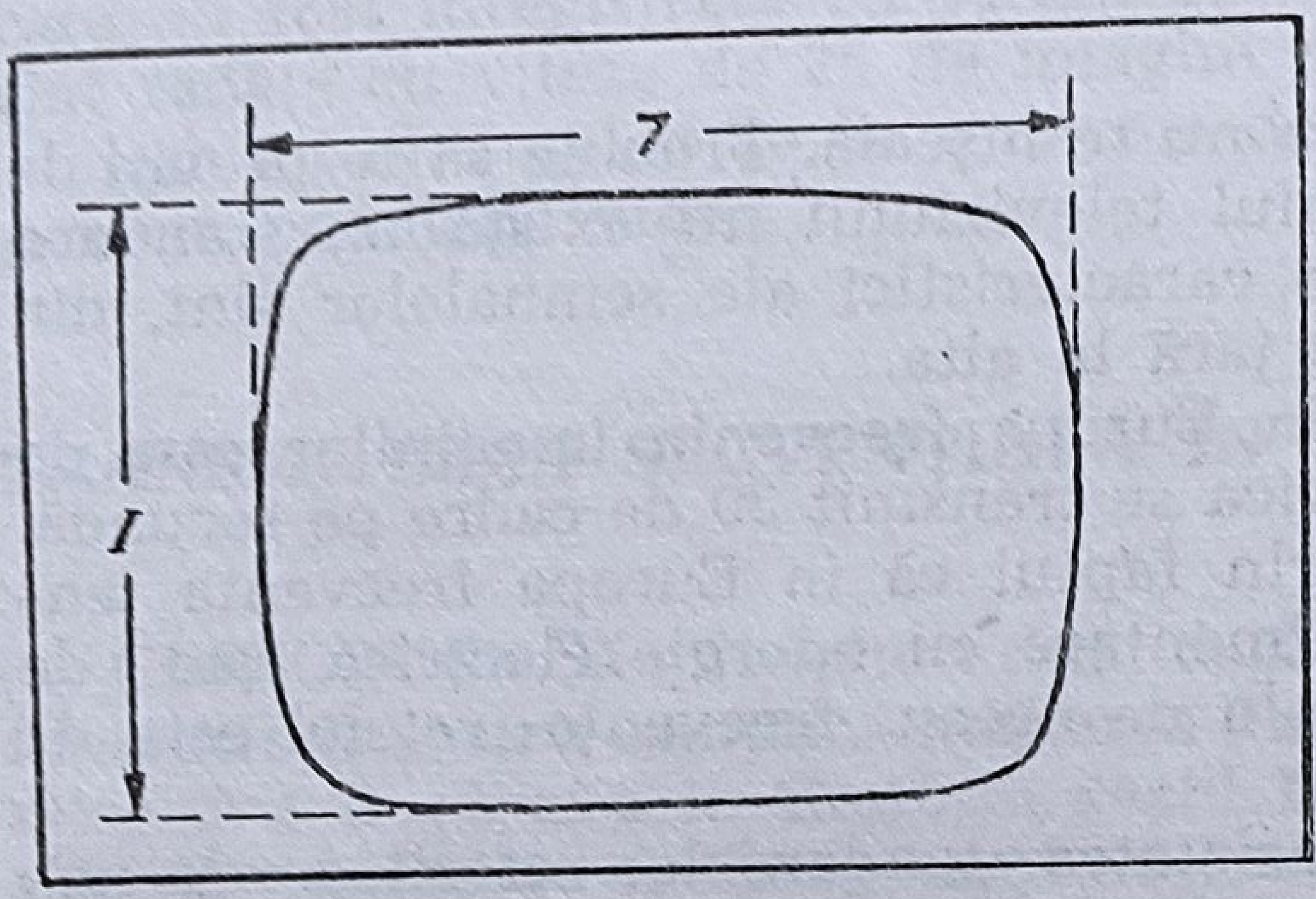
Să examinăm acum, cazul imaginii descompuse în 625 de linii. Cum fiecare linie se transmite de 25 de ori într-o secundă, rezultă că frecvența lor este $625 \times 25 = 15\,625$ linii pe secundă.

BANDA FRECVENȚELOR VIDEO

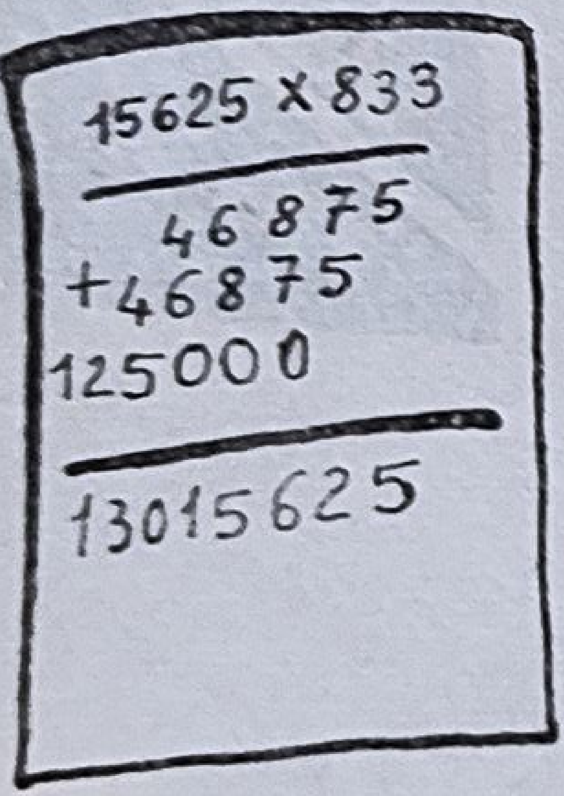
IGNOTUS : Nu mi-ai spus cîte „puncte" conține o linie.

CURIOSUS : Lățimea imaginii de televiziune este cu o treime mai mare decît înălțimea ei. Prin urmare, dacă vom

considera că fiecare element e un pătrat minuscul, care are ca latură distanța dintre două linii vecine, numărul de pătrate pe o linie va fi cu o treime mai mare decît numărul de linii dintr-o imagine. Deci, fiecare linie a unui cadru cu 625 de linii va conține 833 de elemente.



Lățimea L a imaginii de televiziune este cu o treime mai mare decît înălțimea I.



IGNOTUS : Dă-mi voie să calculez cîte elemente sînt parcurse într-o secundă. Se transmit 15 625 de linii pe secundă și fiecare linie conține 833 de elemente... Deci... Vai de mine ! Am obținut peste 13 milioane de elemente pe secundă.

Să fie nevoie de un număr chiar atît de mare de perioade pe secundă, pentru a transmite toate punctele ?

CURIOSUS : Nu, căci se consideră că fiecare element poate fi transmis de cîte o alternanță a semnalului video. În aceste condiții, fiecare perioadă poate transmite două elemente.

IGNOTUS : Prin urmare cu 6,5 milioane de perioade pe secundă, vom putea transmite o imagine cu 625 de linii.

CURIOSUS : În practică, ne mulțumim cu o bandă de 6 MHz. Din această cauză, fiecare element de imagine nu e chiar perfect pătrat : lățimea sa e puțin mai mare decît înălțimea. Cu alte cuvinte, definiția pe orizontală este, într-o foarte mică măsură, mai scăzută decît definiția pe verticală.

EMISIUNILE DE TELEVIZIUNE

IGNOTUS : Știind că frecvența undei purtătoare trebuie să fie de cîteva ori mai mare decît banda de frecvențe transmisă, presupun că în televiziune se folosesc frecvențe și mai înalte decît în radiodifuziunea cu modulație de frecvență.

CURIOSUS : Nu e obligatoriu. Multe emițătoare de televiziune utilizează undele metrice. Emițătoarele care funcționează pe canalele I și II folosesc banda cuprinsă între 48,5 și 65 MHz, cele de pe canalele III—V lucrează în banda 76—100 MHz, iar cele de pe canalele VI—XII ocupă banda dintre 174 și 230 MHz. Emițătoarele mai noi, cum vor fi cele ce vor transmite programul 2 în diferite localități din România, vor funcționa pe unde decimetrice în două benzi cuprinse între 470 și 790 MHz.

IGNOTUS : Lungimea de undă care corespunde acestei ultime frecvențe este de numai 38 de centimetri. Cred că pe această frecvență, zona de serviciu a unui emițător nu e prea mare.

CURIOSUS : Într-adevăr ea atinge, în cel mai bun caz, 50 km. Iată de ce sînt necesare atîtea stații de televiziune pentru a transmite fiecare program. Fiecare stație primește programul de la studio, prin cabluri sau prin radiorelee. Acestea utilizează unde foarte, foarte scurte, dirijate în fascicule înguste, de la un emițător la un receptor ; acesta le introduce într-un alt emițător care, la rîndul lui, le transmite mai departe, tot sub formă de fascicul, alcătuind un fel de lanț.

LINII ÎNTREȚESUTE

IGNOTUS : Pînă acum mi-am format o idee generală despre modul în care se transmit imaginile de televiziune. Putem să trecem la studierea concretă a aparatelor care se utilizează în acest scop.

CURIOSUS : Nu încă, pentru că am omis să-ți explic unul din aspectele fundamentale ale tehnicii televiziunii : *întrețeserea* liniilor.

IGNOTUS : Ce înțelegi prin întrețesere ? Și la ce servește ea ?

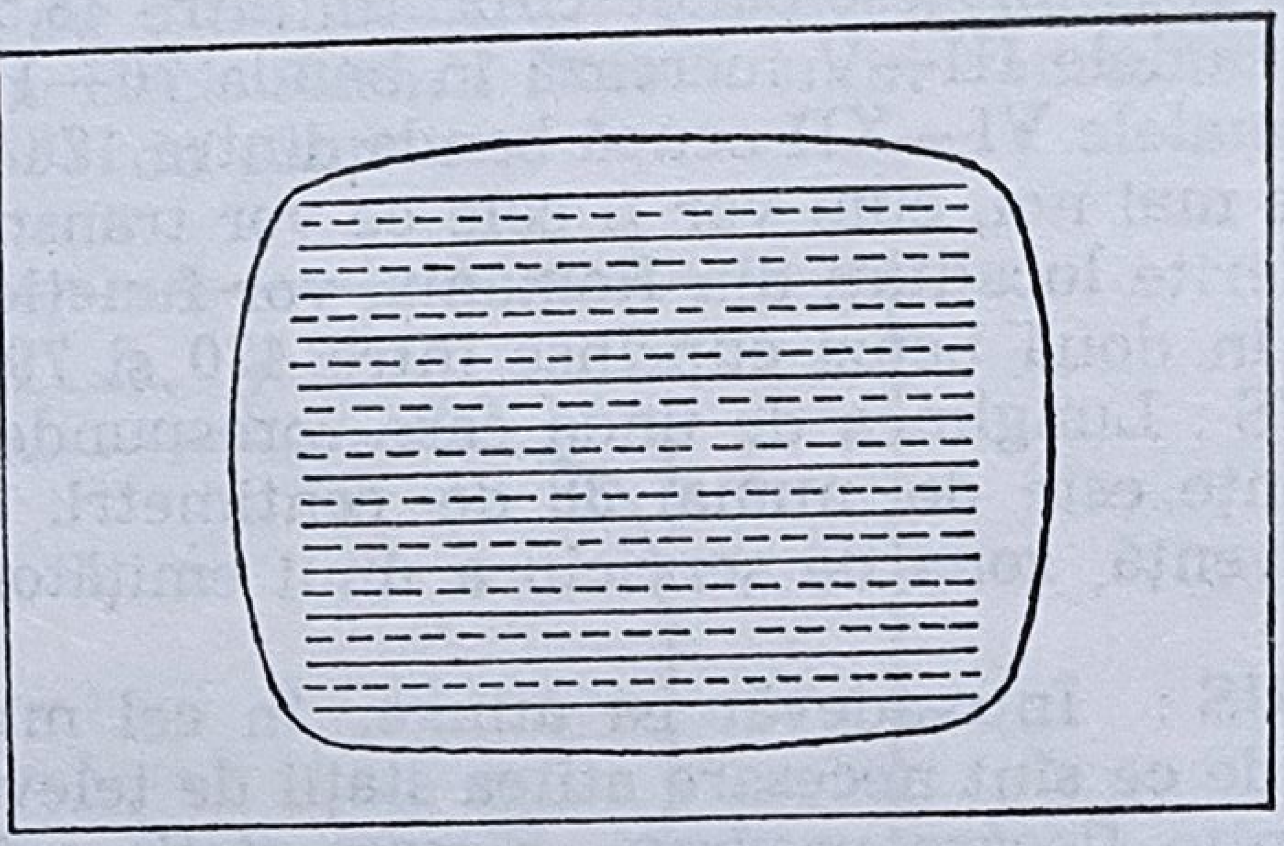
CURIOSUS : Dacă am transmite cele 625 de linii ale fiecărei imagini, așa cum ți-am explicat, pornind de la prima și oprindu-ne la ultima, am risca să vedem o imagine care pîlpîie. Intervalul de 1/25 dintr-o secundă, pînă la apariția unei noi linii în același loc, este puțin prea mare pentru limitele senzației de persistență vizuală și am avea impresia că imaginea pîlpîie.



IGNOTUS : Și care este soluția adoptată ?

CURIOSUS : Soluția constă în întrețesere. În loc să transmitem liniile succesiv, transmitem timp de 1/50 dintr-o secundă toate liniile impare, apoi tot timp de 1/50 dintr-o secundă toate liniile pare.

IGNOTUS : Deci se explorează întîi liniile 1-3-5-7-9 etc. pînă la 625, apoi liniile 2-4-6-8-10 etc. pînă la 624. Este exact ?



Întrețeserea liniilor la transmiterea unei imagini. După ce se transmit liniile pare (trasate continuu) se transmit liniile impare (trasate întrerupt) și apoi se reîncepe acest ciclu.

CURIOSUS : Ai înțeles perfect. În acest fel fiecare imagine este împărțită în două cîmpuri : cîmpul liniilor impare, apoi cîmpul liniilor pare. În acest fel, telespectatorul urmărește aparent 50 de imagini pe secundă, fapt care înlătură orice pîlpîire.

PRINCIPIILE FUNDAMENTALE ALE TELEVIZIUNII

Pentru a citi acest text
să se continue
întrețesut, trebuie
cu liniile pare
să se citească întîi
exact așa cum se
liniile impare iar
face la televiziune
apoi, fără pauză

IGNOTUS : Bine gîndit ! Din fericire întrețeserea nu este folosită și de editorii de cărți ; altfel critica lor ar fi destul de complicată : întîi rîndurile impare, apoi cele pare...

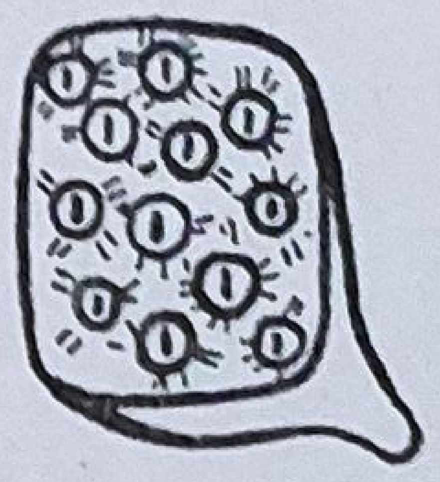
Încerc să deduc cum se transformă imaginile în semnale electrice și cum se reconstituie aceste imagini la recepție.

Unchiul tău mi-a spus că există semiconductoare sensibile la lumină. Presupun deci, că la emisie se proiectează succesiv elementele imaginii pe un corp fotoelectric de acest gen. În funcție de strălucirea lor, se obține un curent mai mic sau mai mare, care este semnalul video.

La recepție, acest semnal produce probabil o lumină care depinde de amplitudinea lui. Iar fasciculul luminos, modulat de semnal, este proiectat pe ecranul televizorului, sincronizat cu explorarea imaginii la emisie.

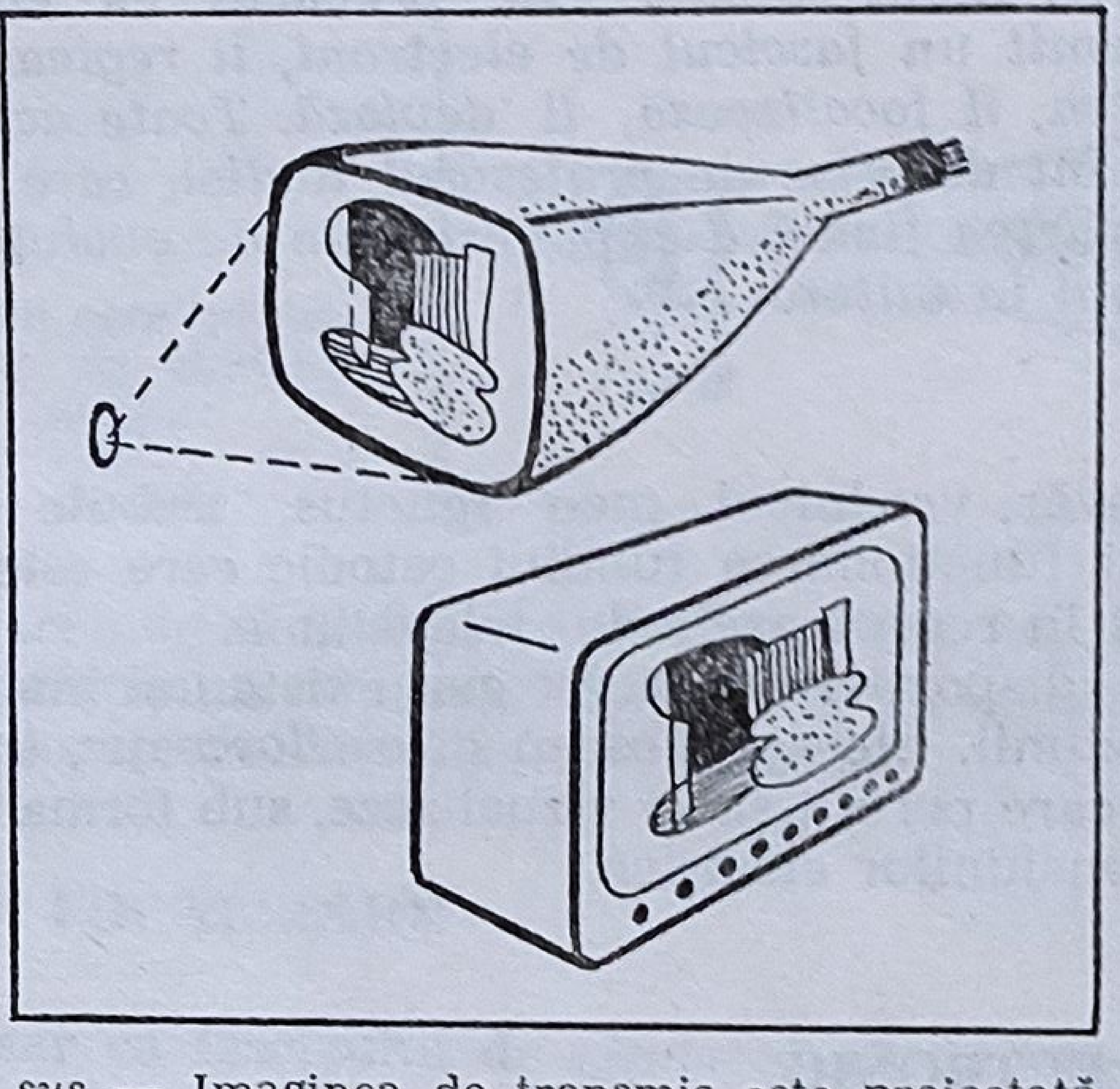
Cred că ipotezele mele sînt corecte. Am dreptate ?

CURIOSUS : Îmi pare rău că te dezamăgesc, dar lucrurile nu se petrec așa. Pentru a străbate 625 de linii de cîte 25 de

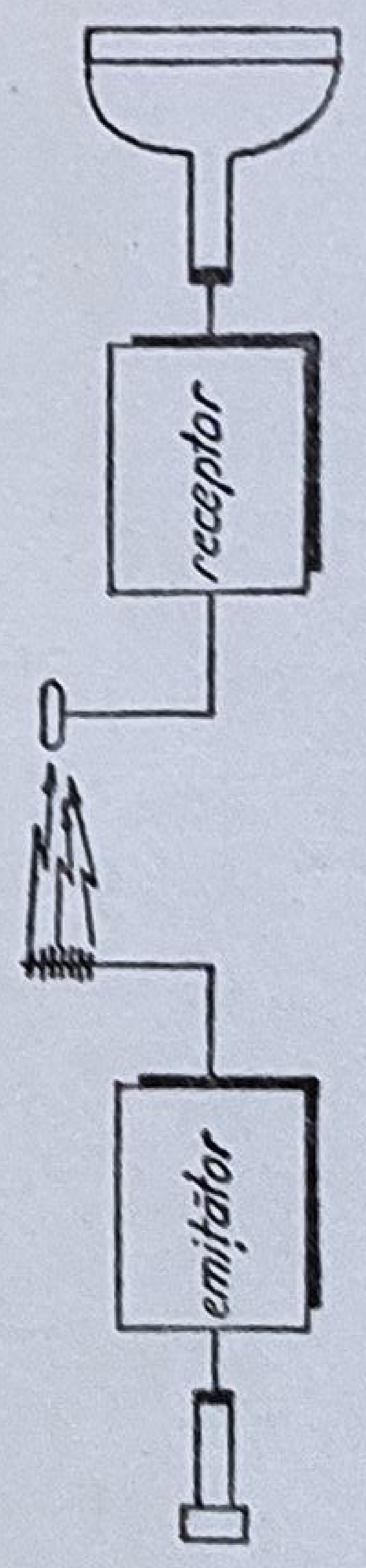


ori pe secundă, raza de lumină ar trebui să facă într-o secundă 15 625 de drumuri dus și întors. Nu cunosc nici un mijloc care să silească lumina la un astfel de du-te-vino.

Plimbarea atît de grăbită este lăsată, atît la emisie cît și la recepție, pe seama fasciculului de electroni proiectați în vid, într-un tub catodic. Unchiul meu îți va descrie aceste tuburi și modul lor de funcționare. Deocamdată, este suficient dacă știi că la emisie, fasciculul parcurge o suprafață pe care se proiectează, cu ajutorul unui obiectiv, imaginea de transmis. Fiind alcătuită din elemente fotosensibile, această suprafață determină variații ale intensității fasciculului de electroni, care depind de strălucirea fiecărui element de imagine. Astfel ia naștere semnalul video.



sus — Imaginea de transmis este proiectată pe o suprafață fotosensibilă a unui tub catodic.
jos — Receptorul de televiziune este echipat cu un tub catodic cu ecran luminescent.



La recepție, fasciculul de electroni străbate un drum identic, în timp ce intensitatea sa este comandată de semnalul video primit de la emițător. Electronii lovesc un ecran fluorescent, pe care apare o lumină proporțională cu intensitatea fasciculului.

Acesta este principiul fundamental al televiziunii.

IGNOTUS : Pasionant ! Aștept cu nerăbdare explicațiile pe care mi le va oferi, cu cunoscuta-i amabilitate, profesorul Radiol.

Profesorul Radiol vorbeste despre

Tubul catodic

Folosit în televiziune, atît la emisie cît și la recepție, tubul catodic este prevăzut cu elemente care emit un fascicul de electroni, îi reglează intensitatea, îl focalizează, îl deviază. Toate aceste operații sînt descrise de profesorul Radiol, care se ocupă în partea finală a expunerii sale de evoluția televiziunii în viitor.

Într-adevăr, vrednicul meu Ignotus, trebuie să-ți explic structura și funcționarea tubului catodic care este utilizat în camerele și în receptoarele de televiziune.

De fapt, dispozitive de acest gen existau și înainte de apariția televiziunii. Ele se foloseau în *osciloscoape*, acele aparate de măsură care permit să se vizualizeze, sub forma unor curbe, variațiile tensiunilor electrice.

TUNUL ELECTRONIC

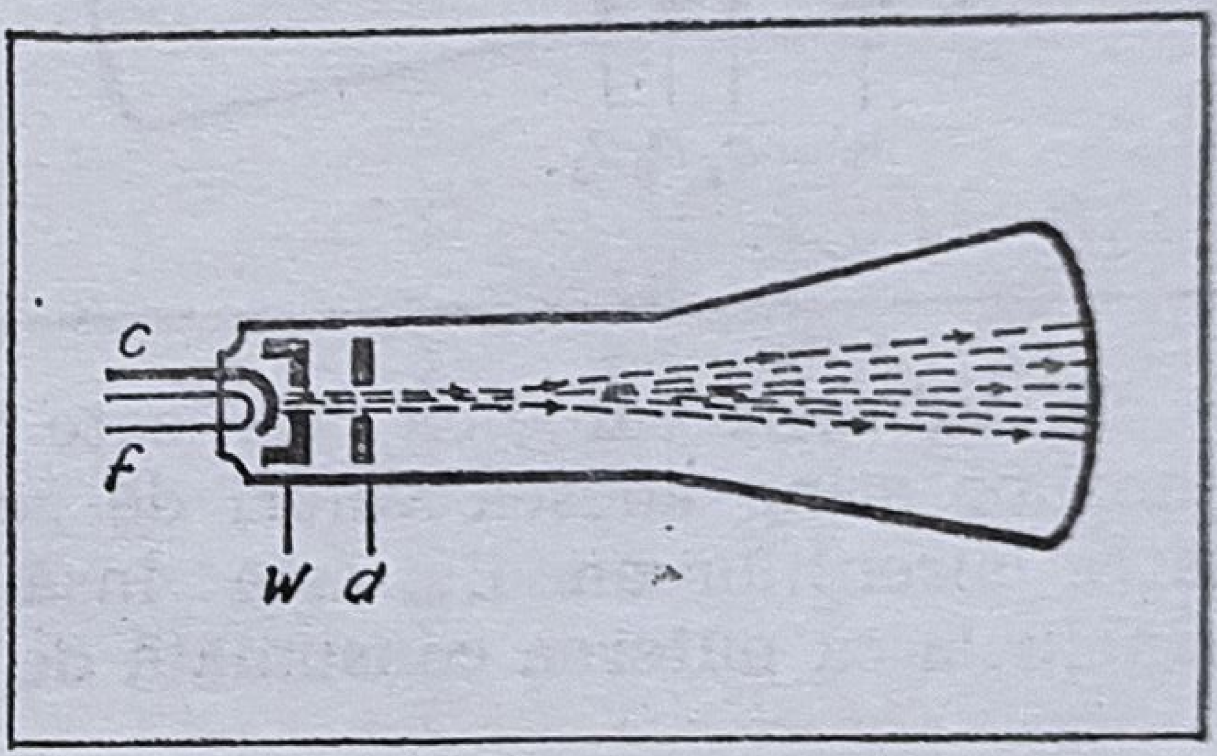
Așa cum arată și numele lui, tubul catodic conține un catod, în general cu încălzire indirectă, care emite electroni. Aceștia sînt atrași de un anod pus la un potențial pozitiv față de catod. Intensitatea fasciculului de electroni atrași de anod este reglată de potențialul unui electrod așezat între catod și anod, numit — după numele creatorului său — cilindru Wehnelt sau *grilă Wehnelt*. Acest electrod are forma unui cilindru care înconjoară parțial catodul și a cărui bază are o deschidere largă prin care trec electronii.

Simt că ești nemulțumit și că ai vrea să-mi spui : „De ce nu spuneți că este vorba pur și simplu de o triodă ?“

Într-adevăr, grila Wehnelt are același rol ca și grila unei triode. Ansamblul acestor trei electrozi se numește *tun electronic*. De ce ? Există vreo asemănare între acest dispozitiv și un tun ? Da. În anod există o perforație, astfel că o bună parte din electronii atrași de acesta sînt proiectați mai departe prin gaura din anod.

În studio, fasciculul de electroni explorează diferite elemente ale unei imagini, analizînd, linie cu linie, o suprafață fotosensibilă pe care este proiectată imaginea. În receptor, fasciculul determină apariția imaginii pe un ecran fluorescent.

Vom examina în detaliu aceste funcțiuni.



Structura tunului care proiectează un fascicul de electroni într-un tub catodic : *f* — filament ; *c* — catod ; *w* — grilă Wehnelt ; *a* — anod

Mai întîi, trebuie să-ți descriu două operații fundamentale : focalizarea fasciculului de electroni, și devierea acestuia pentru a asigura explorarea elementelor de imagine.

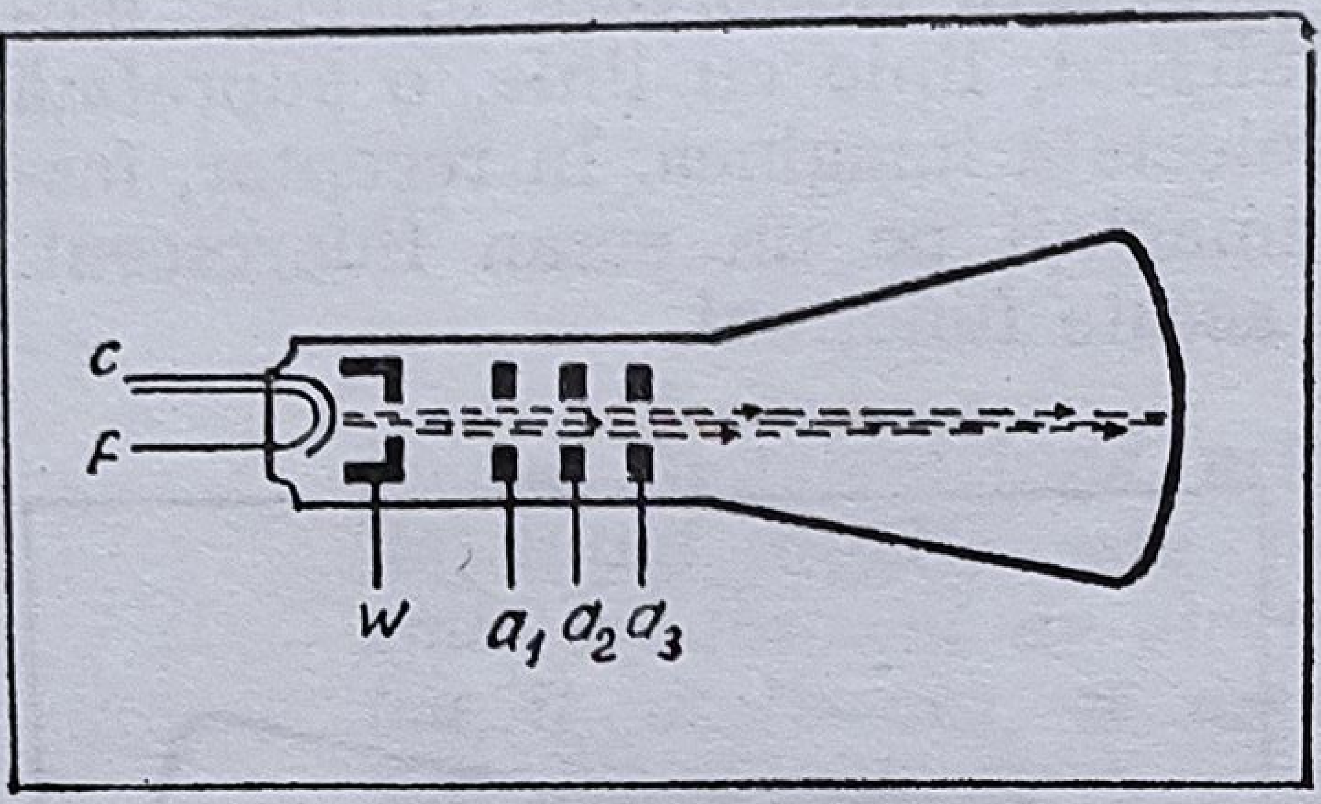
METODE DE FOCALIZARE

Este necesar ca fasciculul de electroni să fie perfect focalizat, astfel încît, atunci cînd atinge ecranul, grosimea lui să nu depășească dimensiunile unui element de imagine. Această grosime în punctul de contact cu ecranul, este cunoscută sub denumirea de spot.

Pentru ca spotul să fie suficient de mic, fasciculul este silit să străbată o „lentilă electronică“, adică un dispozitiv în care liniile de forță electrice sau magnetice exercită asupra fluxului de electroni, un efect identic cu cel pe care l-ar avea o lentilă biconvexă asupra razelor de lumină.

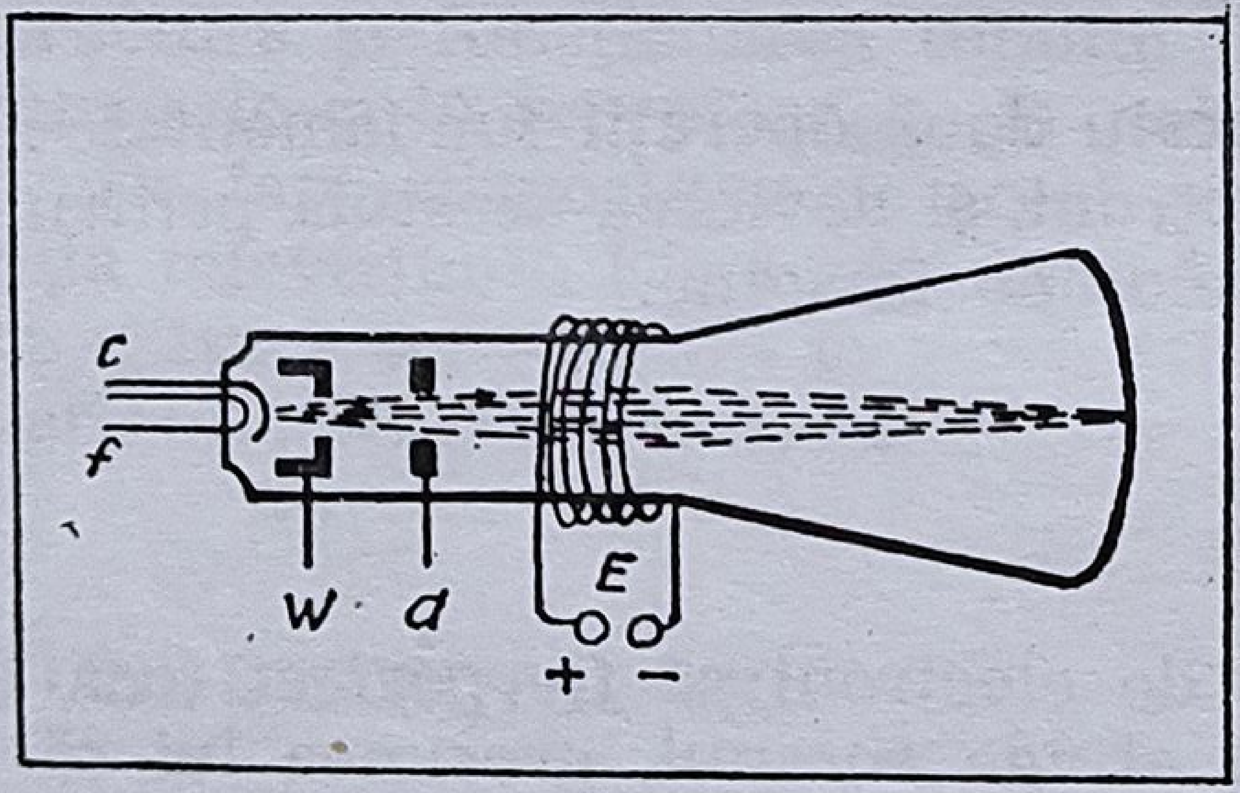
Focalizarea se realizează prin acțiunea cîmpului electric, așezînd un al doilea anod, perforat și el, după cel dintîi și punîndu-l la un potențial mult mai înalt. Dacă este necesar, în continuare se mai poate monta încă un anod și mai pozitiv decît cel de al doilea.

Datorită diferenţelor de potenţial dintre anozii pe care-i traversează pe rînd fasciculul de electroni, acesta este supus acţiunii unui cîmp electric, pe drumul de la un anod la următorul. Sub acţiunea cîmpului electric, toţi electronii ale căror trasee tind să se îndepărteze de axul sistemului sînt readuşi cît mai aproape de ax.



Sub acţiunea mai multor anozi, fasciculul de electroni este focalizat şi ajunge foarte îngust, pe ecran.

În tuburile catodice utilizate în televiziune, potenţialele anozilor ating adesea valori de zeci de mii de volţi. Intensitatea curenţilor anodici este însă foarte mică. Tragi singur concluzia că puterea consumată de tub nu e prea mare.



Sub acţiunea mai multor anozi, fasciculul de electroni este focalizat şi ajunge foarte îngust, pe ecran.

Fasciculul poate fi focalizat şi dacă electronii sînt supuşi acţiunii unui cîmp magnetic produs de curentul electric dintr-o bobină care înconjoară tubul catodic. Electronii sînt grupaţi pe axul bobinei, care coincide cu axul tunului electronic.

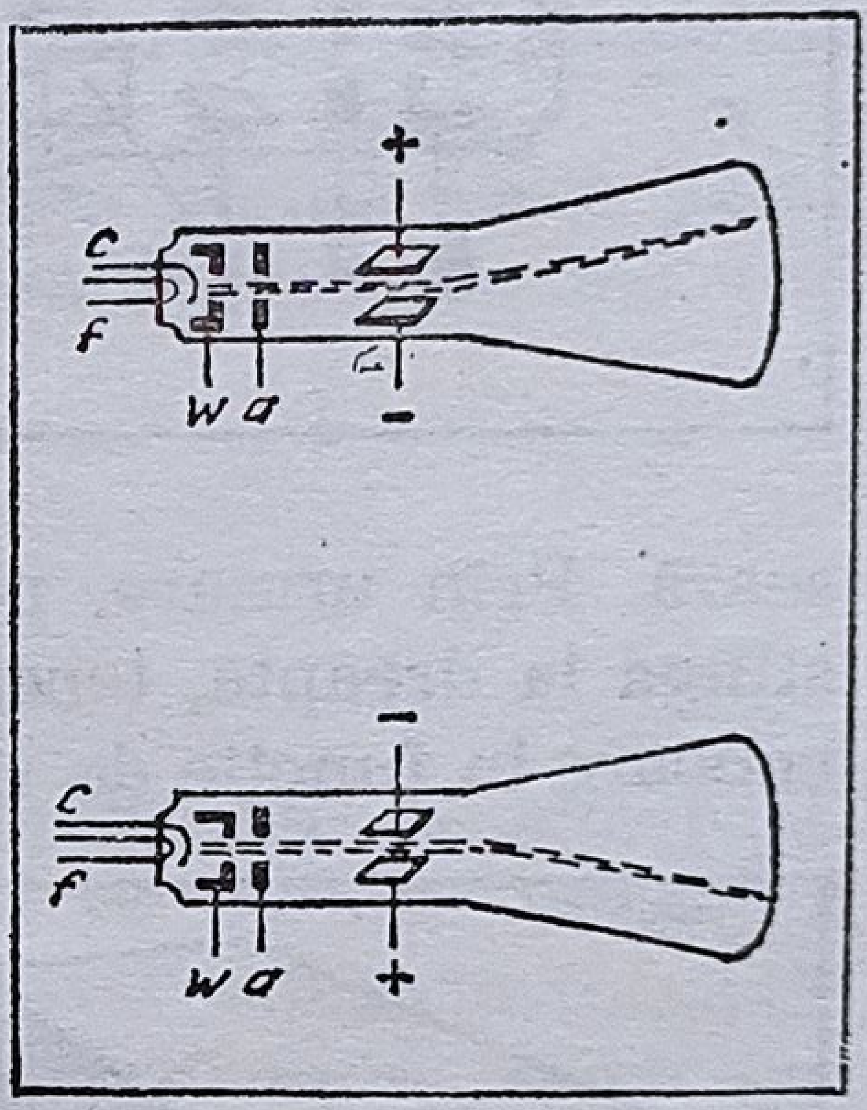
DEFLEXIA ELECTROSTATICĂ

Am reuşit să concentrăm fasciculul astfel încît spotul care ajunge pe ecran să aibă dimensiuni minuscule. Dar spotul imobilizat în centrul ecranului nu ne-ar servi la nimic. Trebuie

să-l silim să exploreze liniile întrețesute ale celor două cîmpuri despre care ți-a vorbit Curiosus în ultima voastră convorbire.

Cum se poate obține deviația spotului, pe de o parte pe orizontală, astfel încît să se parcurgă rapid fiecare linie, pe de altă parte pe verticală, pentru a trece de la o linie impară la altă linie impară sau de la o linie pară la următoarea linie pară ?

În plus, este necesar ca spotul să se întoarcă foarte repede de la sfîrșitul unei linii, la începutul liniei care trebuie explorată în continuare, iar de la sfîrșitul ultimei linii a unui cîmp, spotul trebuie să sară la începutul primei linii a cîmpului următor.



Devierea unui fascicul de electroni cu ajutorul unui cîmp electric. Polul pozitiv atrage electronii, iar polul negativ îl respinge.

Devierea fasciculului de electroni din tubul catodic (numită și deflexie sau baleiaj) poate fi obținută prin variația unui cîmp electric sau a unui cîmp magnetic. Vei afla mai tîrziu ce formă trebuie să aibă și cum se generează tensiunile sau curenții electrici care comandă baleiajul.

Cîmpul electric se poate obține aplicînd o diferență de potențial între două plăci metalice, așezate de o parte și de alta a fasciculului. Ele se comportă ca armăturile unui condensator. Armătura pozitivă atrage electronii, în timp ce cea negativă îi respinge.

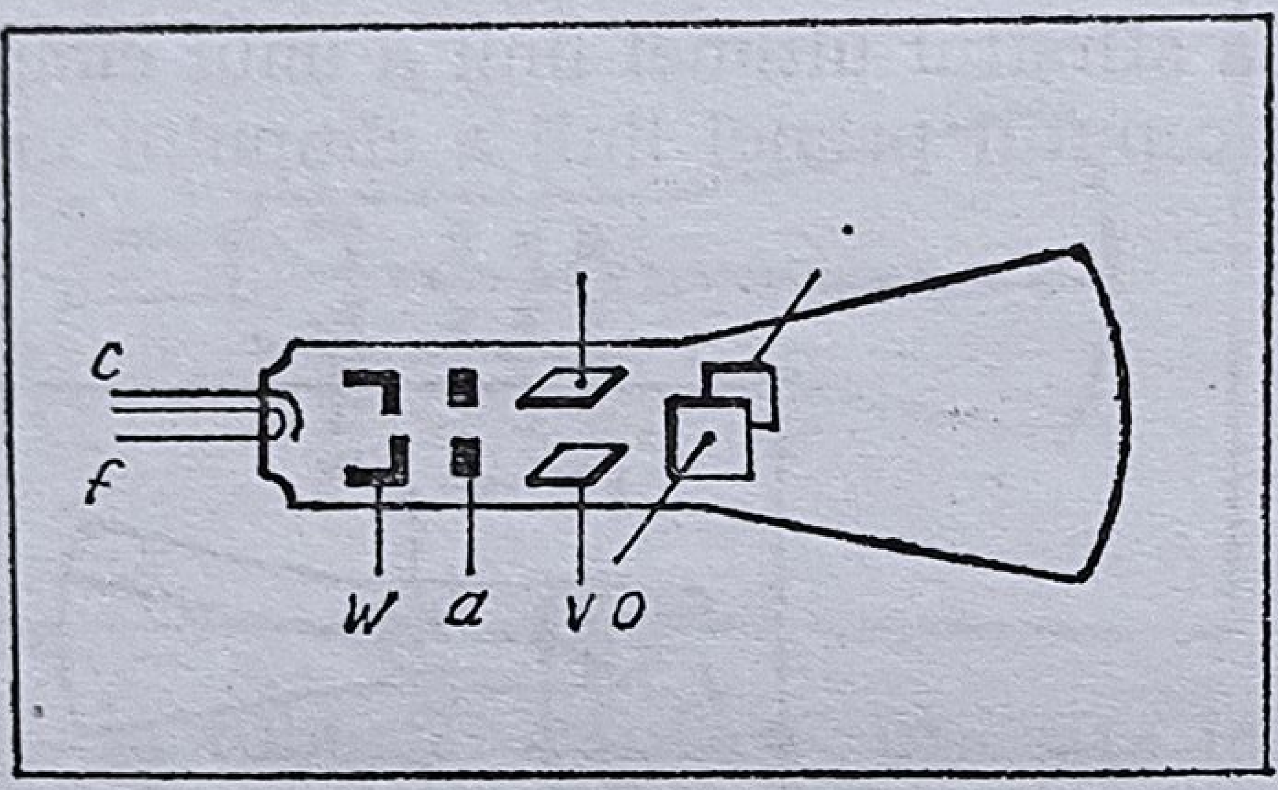
Este evident că două plăci așezate orizontal vor devia fasciculul pe verticală. În mod asemănător, pentru deplasarea fasciculului pe orizontală, vor fi necesare două plăci verticale.

Acesta este sistemul de deflexie utilizat în osciloscoape. Tuburile catodice folosite în osciloscop au plăci orizontale și plăci verticale. Pe plăcile orizontale se aplică tensiunea variabilă a

cărei formă dorim să o vedem ; această tensiune deviază deci spotul pe verticală.

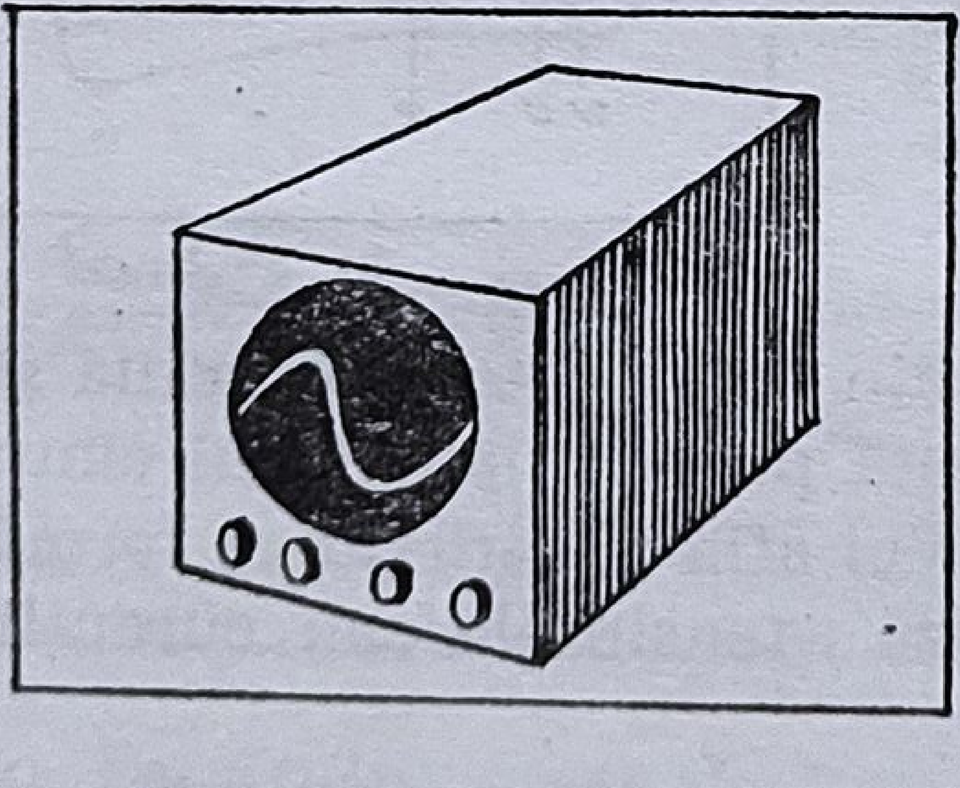
Pe plăcile verticale vom aplica o tensiune care deplasează spotul cu o viteză constantă pe orizontală şi care revine aproape instantaneu în punctul de plecare, la fiecare perioadă a tensiunii examinate.

Spotul determină apariţia pe ecran a unei curbe care reprezintă forma variaţiei în timp a tensiunii care ne interesează.



Plăcile orizontale *o* şi plăcile verticale *v* asigură deflexia pe verticală şi pe orizontală a fasciculului de electroni.

Prin urmare, pe măsură ce spotul se deplasează de la stînga la dreapta, tensiunea examinată îl sileşte să urce sau să coboare în funcţie de valoarea ei instantanee.



Această sinusoidă apare pe ecranul unui osciloscop catodic, căruia i se aplică pe plăcile orizontale de deflexie o tensiune alternativă, iar pe plăcile verticale o tensiune linear crescătoare de aceeaşi frecvenţă.

Dacă vei explora în acest fel tensiunea alternativă a reţelei, pe ecranul tubului catodic va apare o sinusoidă de toată frumuseţea.

FLUORESCENŢA ECRANULUI

Este momentul să-ţi explic că ecranul de care vorbim este acoperit în interior cu un strat dintr-o substanţă *fluorescentă*, adică o substanţă care devine luminoasă sub acţiunea unui bom-

bardament cu electroni. Strălucirea ecranului este cu atît mai mare cu cît este lovită mai puternic substanța fluorescentă de către electroni.

Nu trebuie să confunzi fluorescența cu fosforescența caracteristică acelor substanțe care, după ce au stat la lumină, devin la rîndul lor luminiscente. Datorită acestei proprietăți, strălucesc noaptea acele unor ceasuri deșteptătoare.

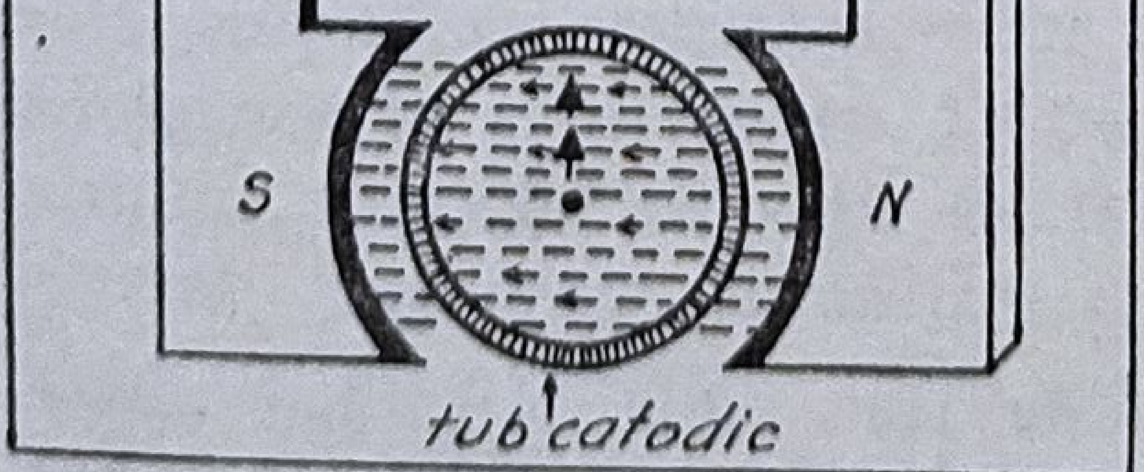
Pe ecranul tuburilor catodice utilizate în televizoare este aplicat un strat fluorescent semitransparent. Sub acțiunea fascicului de electroni, substanța fluorescentă devine luminoasă. În televizoarele monocrome (cărora li se spune adesea *„televizoare în alb-negru“*) lumina este albă. În televizoarele policrome (în culori) stratul fluorescent este compus din 1 200 000 de elemente, dintre care o treime radiază lumină roșie, o altă treime se colorează în albastru, iar ultima treime, în verde.

Îți voi explica mai tîrziu cum se poate obține toată gama culorilor, inclusiv lumina albă prin combinarea acestor trei culori fundamentale.

DEFLEXIA ELECTROMAGNETICĂ

Să revenim la problema deflexiei fascicului de electroni. Ți-am descris procedeul care se bazează pe variația cîmpului electric. Acest procedeu nu mai este utilizat astăzi în tuburile catodice folosite în televiziune. În tuburile moderne, fasciculul este deviat cu ajutorul unui cîmp magnetic produs de bobine aflate în afara tubului. În interiorul bobinelor poate exista un miez magnetic, dar în majoritatea cazurilor se renunță la miez.

Este necesar să-ți amintesc că liniile cîmpului magnetic tind să devieze electronii pe o direcție perpendiculară pe ele ? Deci, dacă polii magnetici se află de o parte și de alta a tubului, liniile de forță sînt orientate orizontal, iar electronii sînt

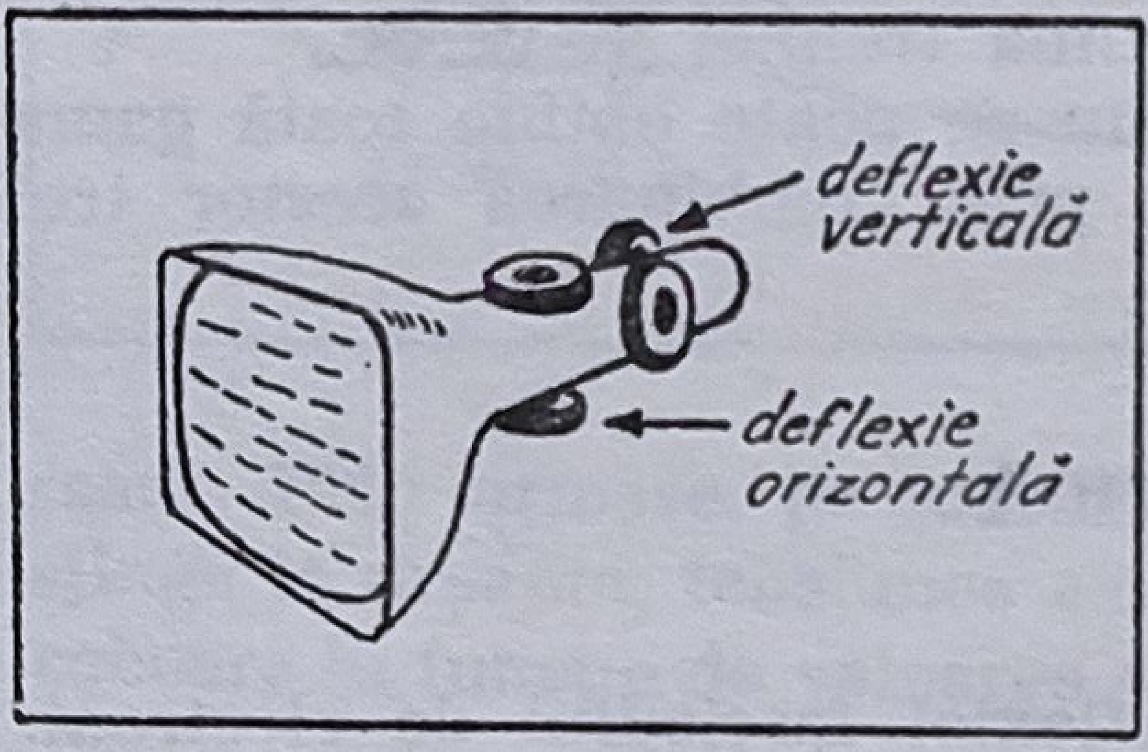


Sub acțiunea cîmpului magnetic al bobinei SN (săgeți subțiri) electronii sînt deviați pe o direcție perpendiculară pe ele (săgeți groase).

deviaţi în sus sau în jos. La fel, polii plasaţi deasupra şi dedesubtul tubului deplasează fasciculul de electroni pe orizontală.

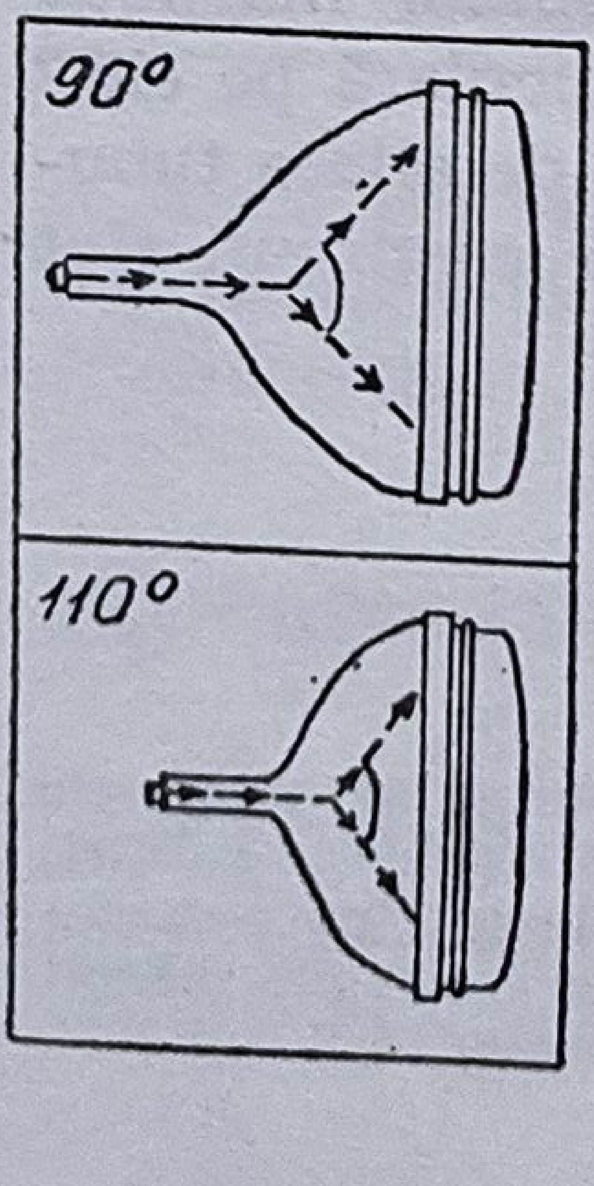
Dacă bobinele sînt străbătute de curenţi variabili de o anumită formă, spotul va parcurge tot traseul necesar pentru explorarea imaginii.

După cum vezi, tubul catodic este înconjurat de destul de multe bobine. Una asigură focalizarea fasciculului de electroni, alte două, dintre care una are spirele orientate orizontal, iar alta vertical, asigură deflexia fasciculului. Prima pereche deviază electronii la stînga şi la dreapta, cea de a doua îi deviază în sus şi în jos.



Prin intermediul cîmpurilor magnetice pe care le produc, bobinele asigură deflexia fasciculului de electroni.

Pînă nu demult, unghiul de deflexie nu depăşea 45 de grade faţă de ax, astfel încît deviaţia totală a fasciculului era de 90 de grade. Astăzi se realizează tuburi cu deflexia totală de 110 grade. Datorită acestui fapt, lungimea tuburilor a scăzut, iar televizoarele au o adîncime mai mică, deci dimensiuni mai reduse.



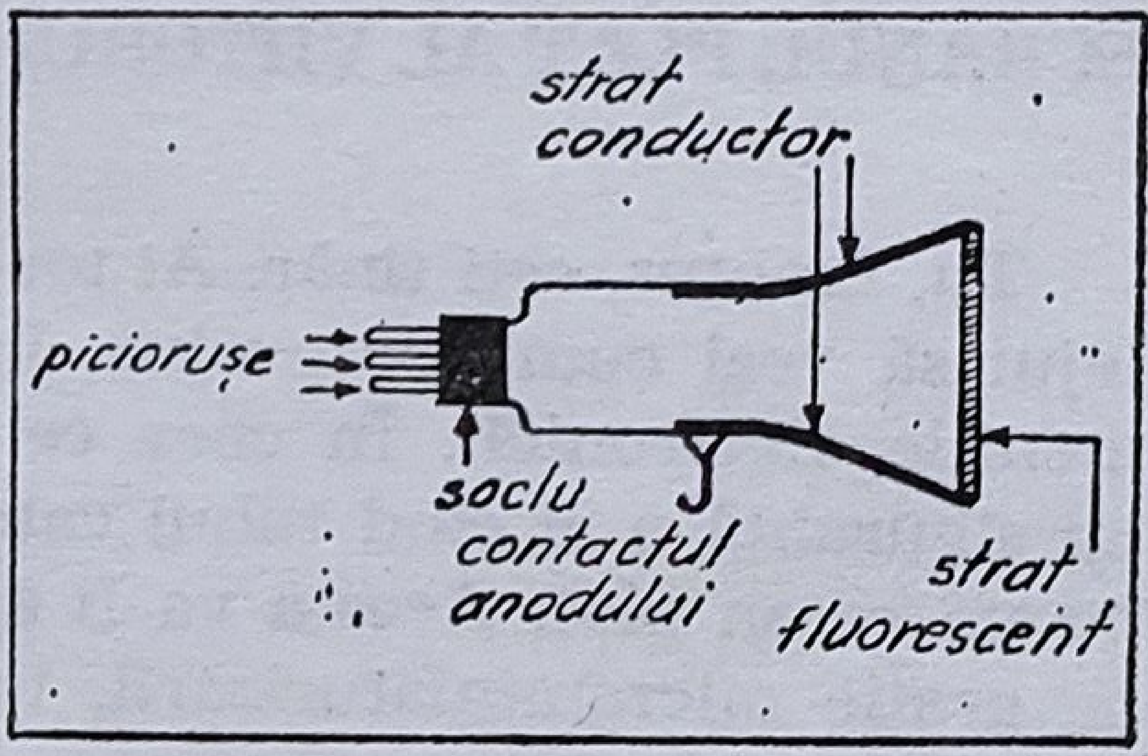
Datorită deflexiei de 110° tubul este mai scurt decît în cazul deflexiei de 90°.

INTOARCEREA FASCICULULUI

Te întrebi probabil unde trebuie să ajungă pînă la urmă electronii, după ce s-au lovit de stratul fluorescent de pe ecran. Trebuie să știi că șocul loviturilor provoacă emiterea de electroni secundari.

Toți acești electroni primari și secundari nu trebuie să fie lăsați să se acumuleze pe ecran, căci ei ar constitui o sarcină negativă care ar respinge ceilalți electroni emiși de tunul electronic.

Pentru a evita acumularea electronilor, se acoperă fața interioară a tubului cu un strat conductor care se întinde de la ecran pînă la anod. În consecință, electronii de pe stratul fluorescent sînt absorbiți de anod, care îi atrage cu putere datorită potențialului său foarte pozitiv.



Dispunerea stratului conductor care transportă electronii primari și secundari de la ecran către anod.

Datorită acestui potențial foarte ridicat, contactul anodului iese din tub într-un punct lateral, în timp ce toți ceilalți electrozi sînt legați la piciorușele soclului aflat la extremitatea opusă ecranului.

EXISTĂ PERICOLUL DE EXPLOZIE ?

Te întrebi fără îndoială, care este presiunea pe care o exercită atmosfera asupra acestor tuburi mari cu vid, pe care apare imaginea în televizoare. După cum știi, la nivelul solului, presiunea atmosferică este de 1 kilogram pe fiecare centimetru pătrat. Suprafața ecranului a cărui diagonală măsoară 59 cm este de aproximativ 1 500 cm^2. Rezultă că aerul presează pe ecran cu 1 500 kg, adică cu o tonă și jumătate. Dacă vom ține

seamă şi de restul suprafeţelor tubului, adică de partea conică şi de partea cilindrică, putem spune că tubul suportă o presiune globală care depăşeşte 4 tone.

Presiunea înaltă este suportată mai uşor de părţile care ies în relief, decît de cele plate. Din această cauză se fabricau pînă de curînd tuburi catodice cu ecranul bombat. Astăzi, tuburile sînt suficent de robuste pentru a putea rezista presiunii aerului, chiar dacă au ecranul plat.

Deci, riscul *imploziei* este aproape anulat. Folosesc termenul „implozie" şi nu „explozie" pentru că această din urmă noţiune se referă numai la cazurile în care presiunea apasă din interior către exterior. Ori, dacă se sparge un tub cu vid, cioburile sînt proiectate spre interior.

În televizoarele mai vechi, se aşeza în faţa ecranului un geam gros pentru protecţie. Astăzi s-a renunţat la el.

ECRANUL PLAT AL VIITORULUI

Tu, Ignotus, eşti tînăr. Ai tot viitorul în faţă şi vei avea prilejul să vezi cum vor evolua, în anii care urmează, toate domeniile electronicii. În ceea ce priveşte televiziunea, va veni cu siguranţă o zi cînd tubul catodic din receptor va fi înlocuit cu un ecran plat. Acesta va fi agăţat pe perete ca orice tablou şi, graţie microminiaturizării, toate circuitele sale se vor afla în rama tabloului.

Această evoluţie a televizoarelor a fost prezisă, înainte de jumătatea secolului nostru, de ziaristul Hugo Gernsback un pionier al publicisticii radiofonice. Toate „proorocirile" acestui american de origine luxemburgheză s-au îndeplinit. Perfecţionarea semiconductoarelor va permite cu siguranţă să se realizeze ecranul plat care va înlocui tubul catodic.

Circuitele integrate vor contribui la reducerea pînă la dimensiuni foarte mici a spaţiului ocupat de numeroasele circuite din televizor. Ele sînt de pe acum foarte răspîndite.

În sfîrşit, deşi butoanele de comandă vor putea fi aşezate pe rama ecranului, este probabil că reglajele vor fi efectuate de la distanţă, prin telecomandă.

Telespectatorul va putea să treacă de pe un canal pe altul, să modifice contrastul, luminozitatea sau volumul sunetului, fără să se mişte din fotoliu. În acest scop, el va folosi o cutie de dimensiuni mici, care va emite unde electromagnetice sau

ultrasunete. Ele vor fi recepţionate de televizorul de pe perete şi vor comanda efectuarea reglajelor dorite. Există de pe acum astfel de dispozitive, dar răspîndirea lor este deocamdată redusă...

Să părăsim acum viitorul şi să revenim la prezent. Îi las lui Curiosus sarcina să-ţi explice modul în care sînt utilizate tuburile catodice, atît la realizarea emisiunilor de televiziune, cît şi la recepţie.

Convorbirea a 16-a

Baze de timp

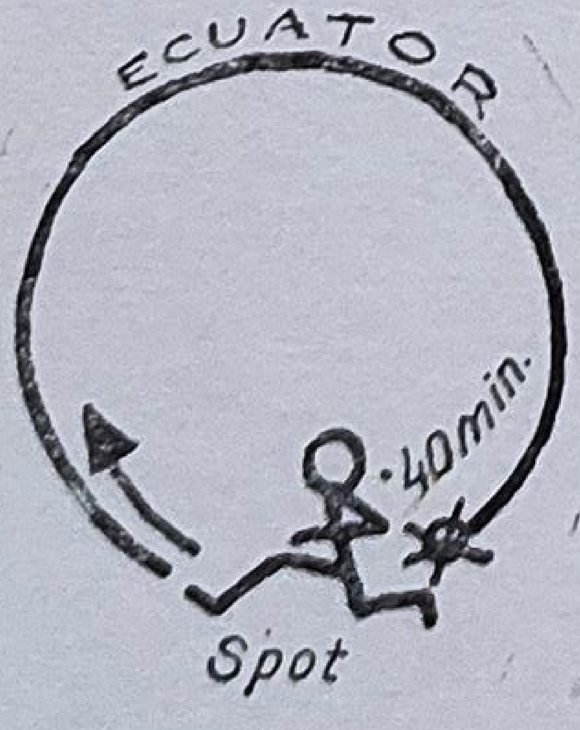
Care este forma curenţilor care asigură deflexia fasciculului electronic? Cum se generează aceşti curenţi? Cum sînt sincronizaţi curenţii de deflexie din receptorul de televiziune, cu cei de la emisie? Toate aceste chestiuni sînt dezbătute în convorbirea care urmează.

DEFLEXIA ŞI DINŢII DE FIERĂSTRĂU

IGNOTUS: Datorită explicaţiilor pe care mi le-a dat unchiul tău, cunosc structura tuburilor catodice utilizate în televizoare. Mă întreb însă, cum arată curenţii care străbat bobinele de deflexie şi care silesc spotul să parcurgă toate liniile care alcătuiesc imaginea.

Am făcut un mic calcul. Ecranul televizorului nostru de acasă are lăţimea de 50 cm. Deci, pentru explorarea fiecărei linii şi pentru întoarcerea la începutul liniei următoare, spotul străbate 1 metru. Pentru 625 de linii explorate de 25 de ori pe secundă, spotul va parcurge 15 625 de metri. Cu această viteză, spotul nostru ar înconjura ecuatorul în 40 de minute.

CURIOSUS: Tu ai luat în consideraţie, în calcul, viteza medie a spotului. În realitate, spotul are o viteză mai redusă atunci cînd are sarcina să redea, printr-o strălucire mai mare sau mai mică, elementele succesive ale unei linii. Dar, odată linia parcursă, spotul se îndreaptă spre începutul liniei următoare cu o viteză de 10 ori mai mare.

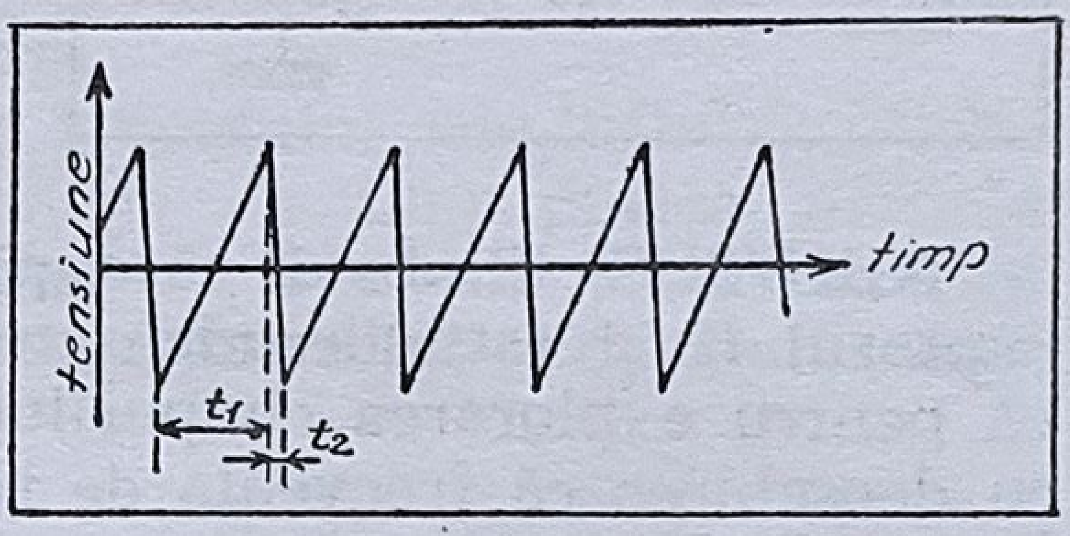


IGNOTUS: Înseamnă că, la întoarcere, viteza lui este de 150 de kilometri pe secundă. Formidabil! Cu această viteză spotul poate ajunge în 40 de minute pînă la lună. Dar să revenim pe pămînt. Care trebuie să fie forma curenţilor care, străbătînd bobinele de deflexie, pot asigura o deplasare cu viteză



constantă în timpul cursei directe, urmată de o întoarcere atît de rapidă a spotului ? Iar dacă deflexia se face electrostatic, care trebuie să fie forma tensiunilor aplicate pe plăcile de deflexie ?

CURIOSUS : În ambele cazuri, este nevoie de un curent (sau de o tensiune) linear crescătoare, cu alte cuvinte, cu o creștere proporțională cu timpul. Apoi, curentul (sau tensiunea) trebuie să revină foarte rapid la valoarea sa inițială. În figura alăturată, explorarea liniei se face în intervalul de timp t_1, iar întoarcerea, în intervalul t_2.



Forma tensiunilor aplicate pe plăcile de deflexie. Durata t_1 a liniei este mult mai mare decît durata t_2 a întoarcerii.

IGNOTUS : Aș zice că forma acestei tensiuni seamănă cu dinții unui fierăstrău.

CURIOSUS : Acesta este și motivul pentru care folosim termenul de tensiuni sau curenți în dinți de fierăstrău.



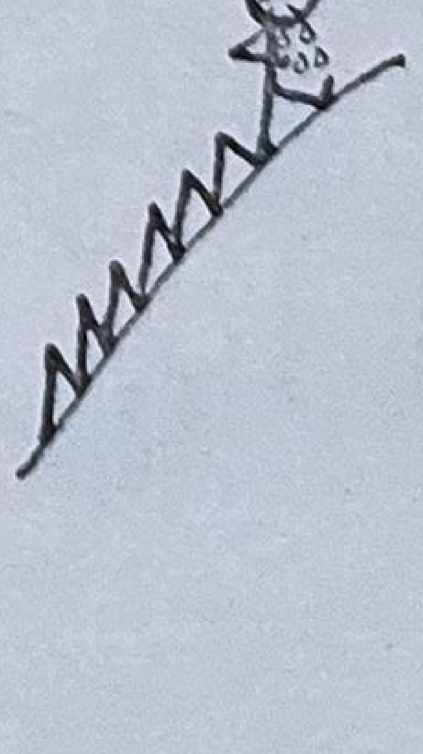
SCHEMA FUNDAMENTALĂ

IGNOTUS : Cum se pot genera curenții sau tensiunile de această formă, pornind de la o sursă de tensiune continuă ?

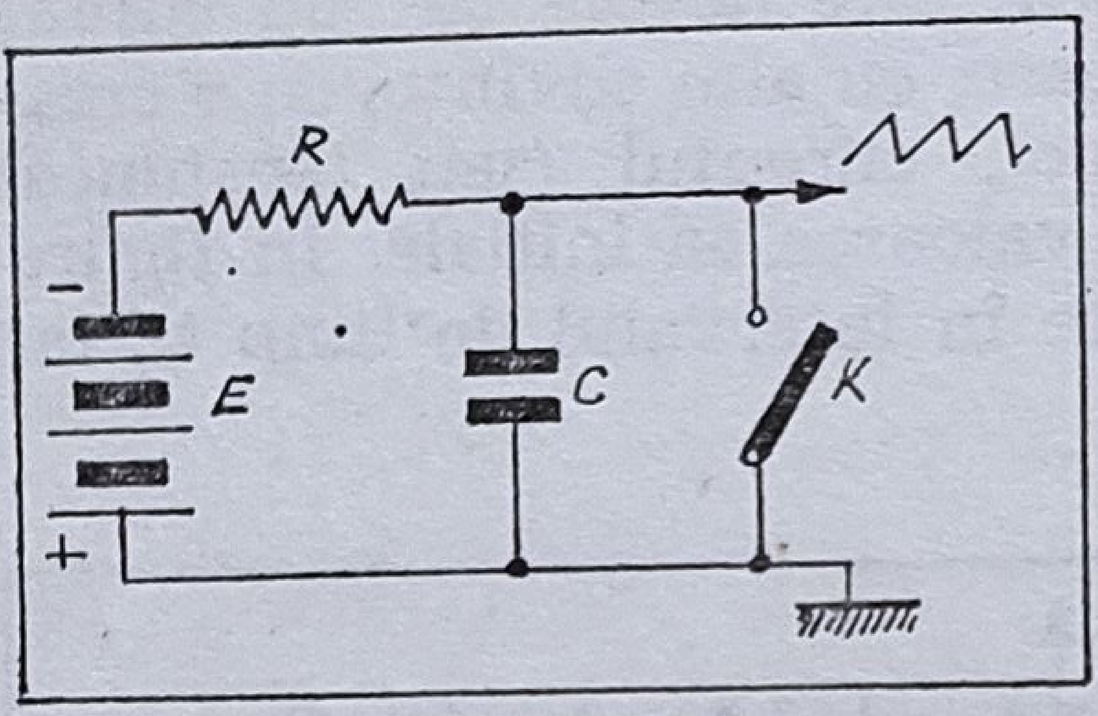
CURIOSUS : Există numeroase circuite, mai mult sau mai puțin complicate, care permit să se obțină dinții de fierăstrău. Toate au același principiu : încărcarea progresivă a unui condensator, urmată de descărcarea sa bruscă printr-un scurtcircuit.

IGNOTUS : Văd pe schema ta, că forța electromotoare E încarcă condensatorul C printr-o rezistență R. După cîte știu, rezistența încetinește încărcarea condensatorului.

CURIOSUS : Viteza de încărcare este cu atît mai mică, cu cît sînt mai mari valorile rezistenței R și a condensatorului C. Rezistența se opune trecerii curentului, cu atît mai mult cu cît valoarea ei este mai mare. Pe de altă parte, o capacitate mai mare conduce la creșterea numărului de electroni care trebuie să fie extrași din armătura pozitivă și injectați în armătura negativă.



Iată de ce, în calcul se ia în considerație produsul *RC* pe care îl numim *constantă de timp*.



Tensiunile în dinți de fierăstrău se obțin datorită încărcării condensatorului *C* prin rezistența *R*, urmată de descărcarea lui *C* prin contactul *K*.

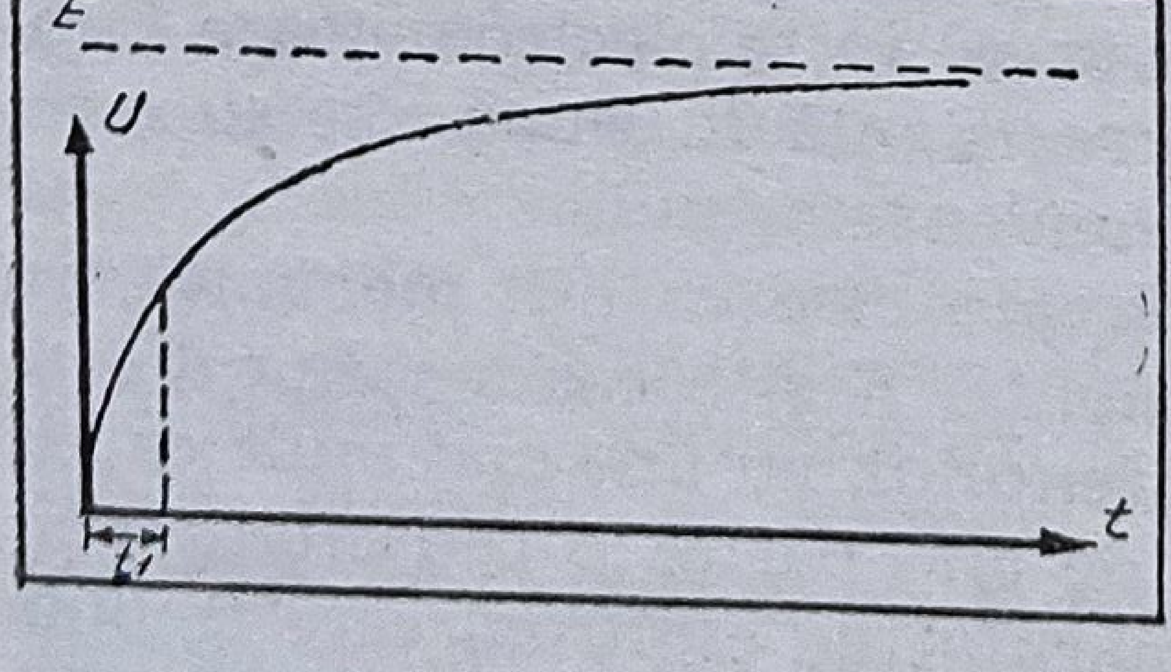
IGNOTUS : Probabil că după fiecare linie se închide întreruptorul *K* și astfel condensatorul se descarcă rapid. Desigur că pentru explorarea cîmpurilor se folosește același procedeu, cu deosebirea că frecvența de repetiție a dinților de fierăstrău este de 50 Hz.

CURIOSUS : Așa este. Și cred că îți dai seama că în generatoarele de dinți de fierăstrău nu se folosesc întreruptoare mecanice. Rolul de întreruptor este atribuit unor tuburi electronice cu vid sau cu gaz, sau unor semiconductoare.

Înainte de a aborda problema generării acestor semnale, să examinăm forma tensiunilor care apar în schema noastră, la bornele condensatorului.

CURBE EXPONENȚIALE

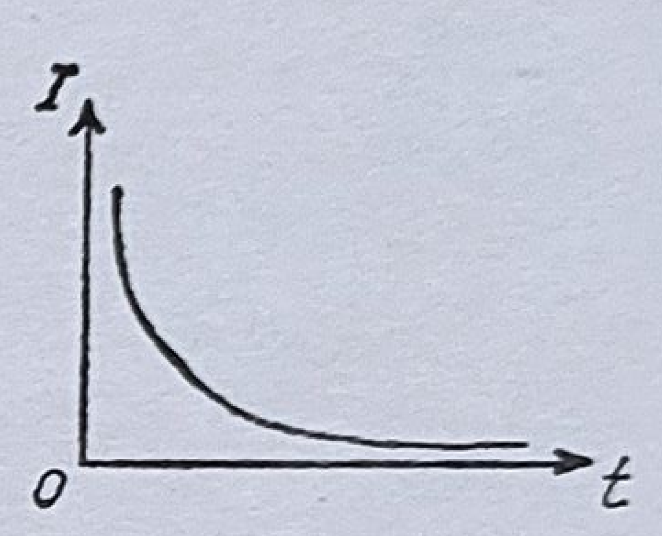
IGNOTUS : Parcă spuneai că pentru a obține dinții de fierăstrău este necesară o variație lineară a tensiunii...



Această curbă exponențială reprezintă evoluția tensiunii *V* de la bornele unui condensator, încărcat de sursa de tensiune *E*, printr-o **rezistență**. Pentru baleiaj se folosește doar o mică porțiune t_1 din curbă, care poate fi asimilată cu un segment de dreaptă.

CURIOSUS : Într-adevăr, ceea ce vrem să obținem, pînă la urmă, este o tensiune care variază linear. Din păcate însă, în-

cărcarea condensatorului prin rezistență nu are forma pe care o dorim. La început curentul crește rapid, dar pe măsură ce condensatorul se încarcă și tensiunea dintre armăturile lui crește, se reduce diferența dintre forța electromotoare E și tensiunea pe condensator. Cu alte cuvinte, diferența de potențial dintre extremitățile rezistenței R scade și, în conformitate cu legea lui Ohm, intensitatea curentului prin rezistență se reduce în aceeași proporție.



IGNOTUS : Dar în felul acesta procesul nu se termină niciodată. Cu cît este mai încărcat condensatorul, cu atît se face mai încet încărcarea în continuare.

CURIOSUS : Teoretic, durata procesului este infinită. Curba care reprezintă încărcarea în funcție de timp poartă numele de *exponențială*, deoarece valoarea v a tensiunii pe armăturile condensatorului după un timp t se obține dintr-o relație în care variabila t se află la exponent :

$$v = E\left(1 - \frac{1}{e^{t/RC}}\right)$$

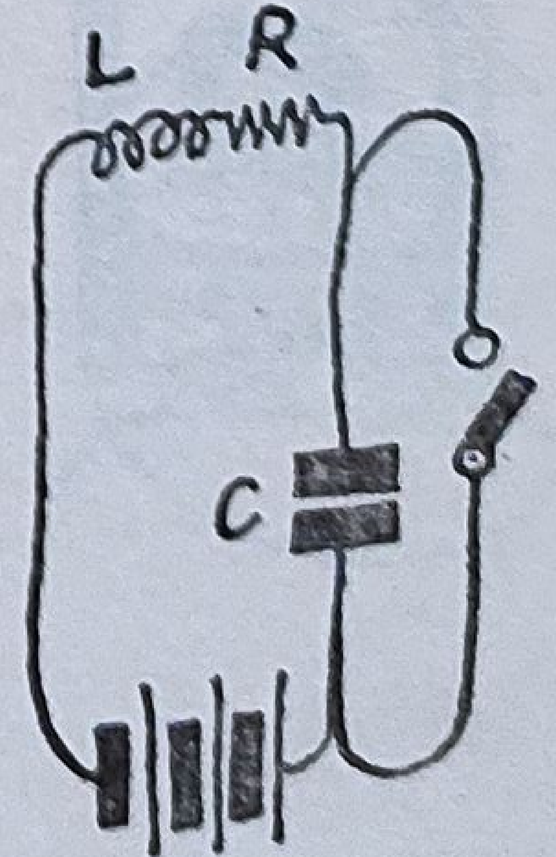
În această formulă e este baza logaritmilor naturali și are aproximativ valoarea $e = 2{,}718281828...$

IGNOTUS : Deși nu sînt prea tare la matematică, am reușit să observ că după timpul $t = RC$, adică după o durată egală cu constanta de timp, tensiunea v ajunge la aproximativ 2/3 din valoarea E.

CURIOSUS : Bravo, Ignotus ! Dacă vei continua calculele, vei afla că după fiecare constantă de timp, tensiunea crește cu două treimi din diferența dintre forța electromotoare E și valoarea precedentă a tensiunii.

IGNOTUS : Este deci o creștere din ce în ce mai lentă, care nu se termină niciodată, căci tensiunea pe condensator nu ajunge niciodată la valoarea E. Dar cum poate fi modificată forma acestei curbe pentru a se obține o dreaptă ?

CURIOSUS : Curba poate deveni mai puțin... curbă, dacă se leagă în serie cu R o inductanță. Dar în practică nu se procedează așa. Pur și simplu, se utilizează numai porțiunea inițială a curbei, care este aproape dreaptă.



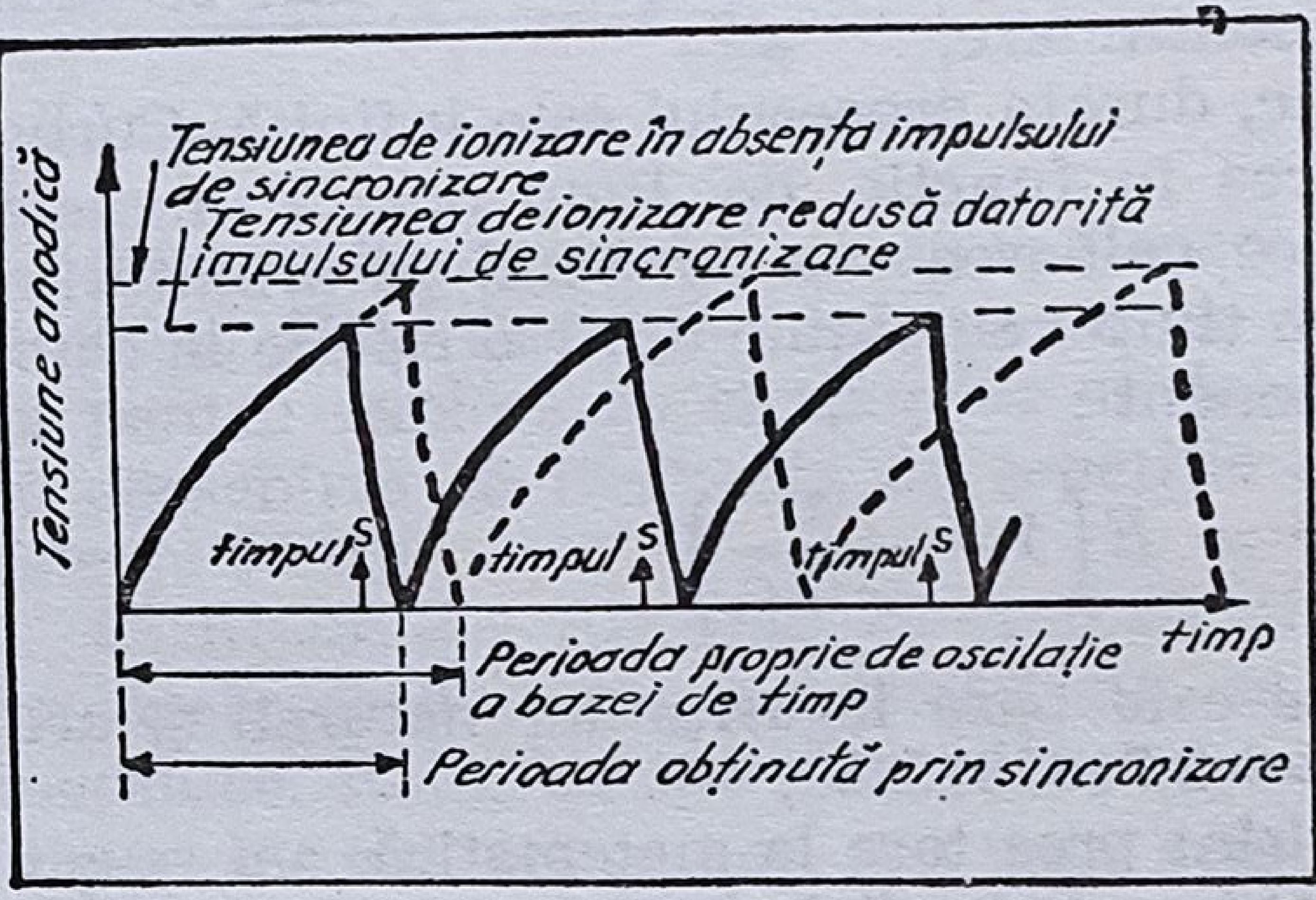
ACȚIUNEA SEMNALULUI DE SINCRONIZARE

IGNOTUS : Spune-mi, cine declanșează descărcarea rapidă a condensatorului, comandînd prin aceasta întoarcerea spotului la începutul unei linii sau al unui cîmp ?

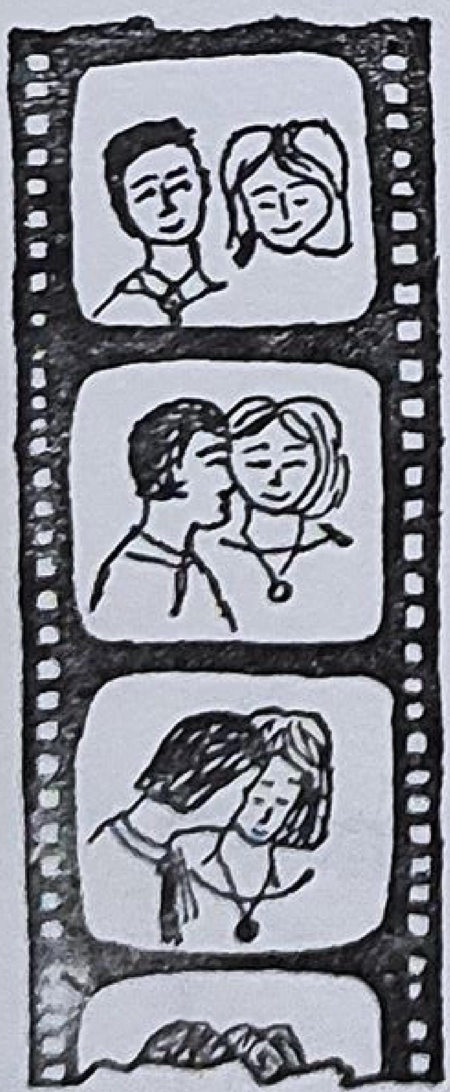
CURIOSUS : Semnalul de sincronizare, care este introdus la emisie după fiecare linie şi după fiecare cîmp. Acest semnal produce o creştere bruscă a rezistenţei unui tub sau a unui element semiconductor legat în paralel pe condensator.

Schema circuitului este astfel concepută încît această creştere bruscă de rezistenţă să se producă periodic, cu o frecvenţă puţin mai mică decît frecvenţa liniilor sau a cîmpurilor.

În acest fel, semnalul de sincronizare declanşează un fenomen care s-ar fi produs oricum, puţin mai tîrziu.



Sincronizarea unei baze de timp. Ajunse pe grilă, impulsurile pozitive declanşează descărcarea mai devreme.



IGNOTUS : Toate acestea îmi amintesc de un film pe care l-am văzut aseară la televizor. Un băiat se pregătea să sărute o fată, care şi-a apropiat faţa de faţa lui şi în acest fel s-au sărutat mai repede...

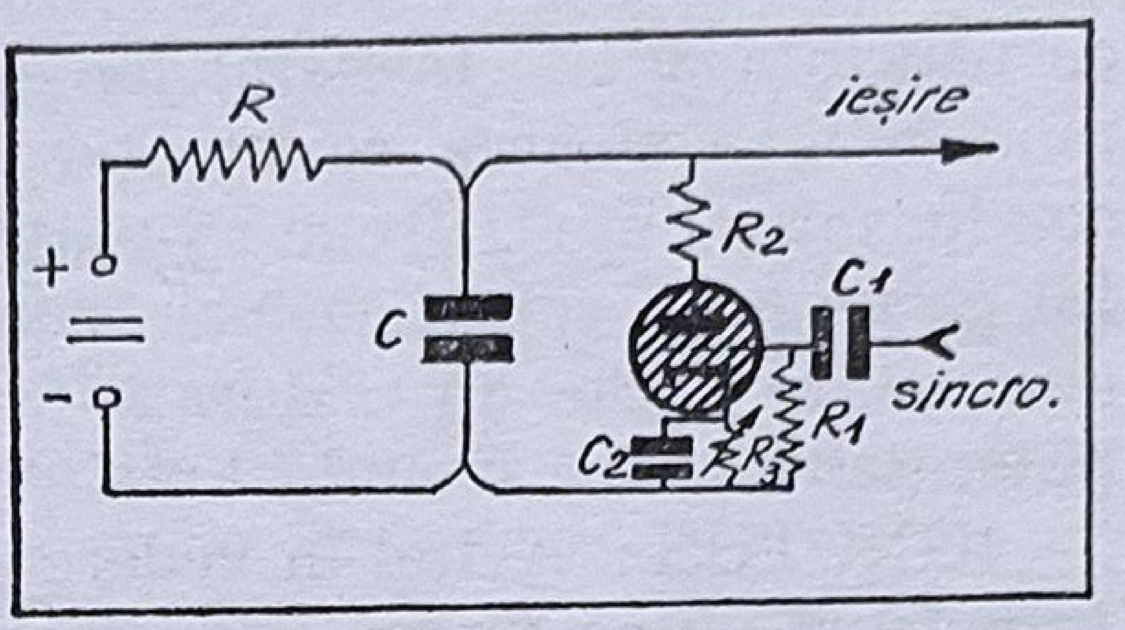
Acum poţi să-mi explici cum se produce creşterea bruscă de tensiune pe un tub ?

IONIZAREA ÎN TIRATRON

CURIOSUS : Iată o schemă pe care este figurată o triodă haşurată. Tubul reprezentat în acest fel nu este un tub cu vid. El conţine un gaz neutru cum ar fi neonul, argonul sau heliul, la o presiune redusă. Un astfel de tub se numeşte *tiratron*.

După cum vezi, spaţiul catod-anod al acestui tub este legat în derivaţie pe condensatorul C care se încarcă prin rezistenţa R.

IGNOTUS : Văd că în serie cu acest spaţiu catod-anod mai sînt legate şi două rezistenţe. Probabil că rezistenţa variabilă R_3 are rolul de a aduce grila, ca şi în alte circuite cu tuburi pe care



Generator de curent în dinți de fierăstrău, realizat cu tiratron.

mi le-ai arătat, la un potențial negativ față de catod. Dar la ce servește R_2 ?

CURIOSUS : Rezistența R_2 este de numai cîteva sute de ohmi. Ea are rolul de a limita intensitatea curentului care se descarcă prin tiratron. În lipsa acestei rezistențe, ar exista pericolul ca tiratronul să fie distrus.

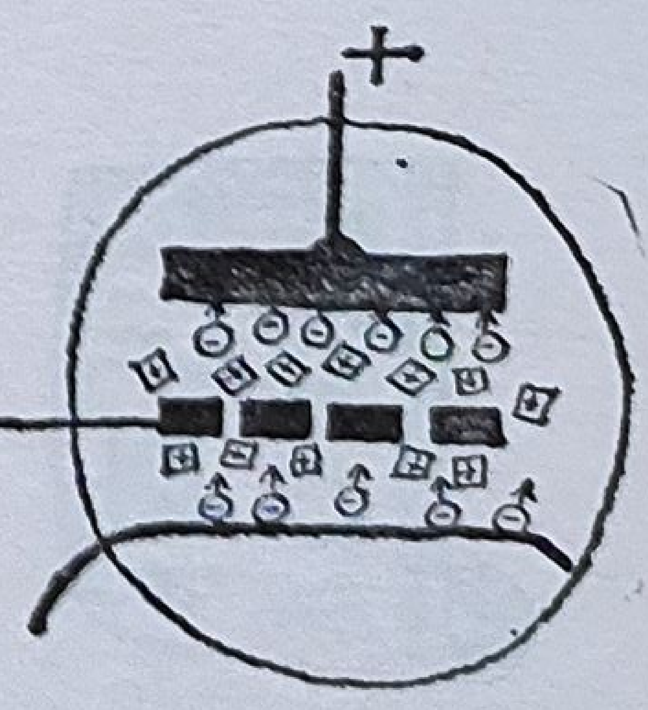
IGNOTUS : Nu văd, totuși, cine declanșează descărcarea.

CURIOSUS : Descărcarea este declanșată de ionizarea gazului din tub. În momentul în care sarcina condensatorului C ridică tensiunea anodică pînă la o anumită valoare, electronii atrași dinspre catod spre anod ating o viteză destul de mare pentru a putea sfărîma moleculele de gaz. Fiecare moleculă se separă într-un anumit număr de electroni și de ioni pozitivi. Ia naștere un curent foarte mare produs de electronii atrași spre anod și de ionii pozitivi care se îndreaptă spre grilă, atrași de potențialul ei negativ.



IGNOTUS : Presupun că, în momentul respectiv, rezistența tubului devine aproape nulă și că, din această cauză, condensatorul C se descarcă. Iar atunci cînd tensiunea anodică scade, ca urmare a descărcării condensatorului, ionizarea încetează și procesul reîncepe.

CURIOSUS : Chiar așa se petrec lucrurile. Trebuie să vedem însă, care este rolul grilei în toată această operație. Valoarea tensiunii anodice la care se declanșează ionizarea depinde de potențialul grilei. Electronii trec cu atît mai ușor de la catod la anod și viteza lor este cu atît mai mare, pentru aceeași valoare a tensiunii anodice, cu cît grila este mai puțin negativă. În consecință, dacă scade negativarea, ionizarea care depinde de viteza electronilor se produce la o valoare mai mică a tensiunii anodice.



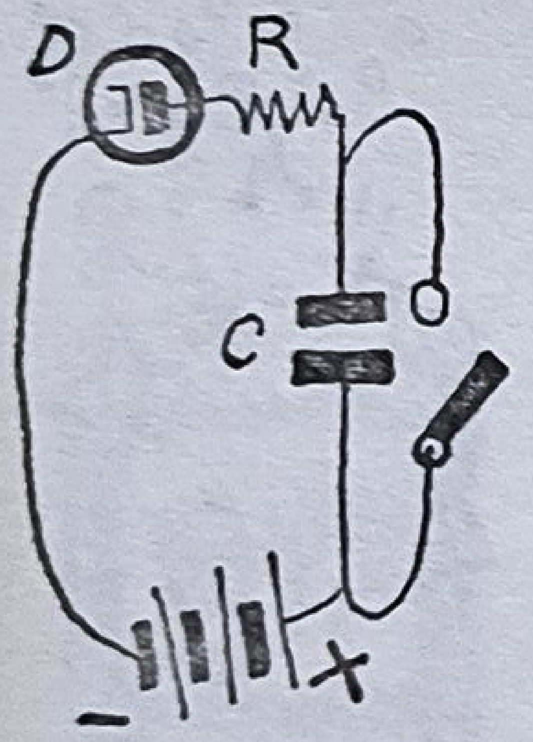
IGNOTUS : Trag concluzia că, modificînd rezistența R_3 care determină valoarea negativării, putem regla valoarea tensiunii anodice care declanșează ionizarea. De fapt, prin această operație, stabilim o anumită durată pentru încărcarea condensatorului C.

CURIOSUS : Spune-mi Ignotus, nu cumva ai acumulat fosfor în ultimele zile, mîncînd mult pește ? Văd că înțelegi totul

cu ușurință, ideile tale sînt logice și inteligente... Prin urmare, modificînd valoarea rezistenței R_3, reglăm durata încărcării condensatorului C. Vreau să-ți atrag acum atenția asupra faptului că pe grilă se aplică, prin condensatorul C_3, impulsurile de sincronizare. Ele au o durată foarte mică și tind să modifice potențialul grilei, făcîndu-l mai pozitiv.

IGNOTUS : Avînd în vedere explicațiile tale, cred că aceste impulsuri ajung pe grilă, cu foarte puțin timp înainte de a se produce ionizarea în tiratron, ca urmare a atingerii tensiunii anodice care declanșează procesul. Reducînd negativarea grilei, impulsurile reduc valoarea tensiunii anodice, capabilă să ionizeze gazul. În acest fel fenomenul este declanșat instantaneu de impulsul de sincronizare. Am spus cumva vreo prostie ?

BINEFACERILE SATURAȚIEI



CURIOSUS : Deloc. Fosforul tău își demonstrează eficiența... Vei înțelege deci cu ușurință că putem obține un curent de deflexie cu o formă practic lineară, înlocuind rezistența de încărcare R printr-un dispozitiv care asigură trecerea unui curent de intensitate constantă.

IGNOTUS : Nu văd despre ce dispozitiv ar fi vorba.

CURIOSUS : Pur și simplu despre o diodă care funcționează în regim de saturație. Dacă dioda este tub electronic, ar fi de preferat să se utilizeze un tub cu încălzire directă. Reglînd tensiunea de filament, limităm numărul de electroni emiși — adică intensitatea maximă a curentului — la valoarea dorită.



IGNOTUS : N-am putea să folosim în acest scop o pentodă cu grilă-ecran la un potențial suficient de ridicat pentru ca toți electronii să ajungă pe anod și, în acest fel, să menținem curentul constant ?

CURIOSUS : Nu încerca să-ți brevetezi ideea, căci este cunoscută și aplicată în unele tuburi de televizor.

IGNOTUS : Spune-mi, tuburile cu gaz reprezintă singura soluție pentru descărcarea rapidă a condensatoarelor ?

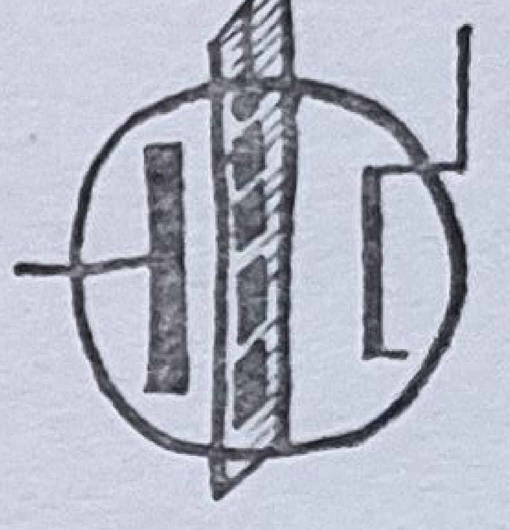
CURIOSUS : În televizoare, nu se mai folosesc de ani de zile tuburile cu gaz, pentru că au o viață scurtă. În locul lor s-au



introdus tuburile cu vid, iar astăzi toate *bazele de timp* sînt echipate cu tranzistoare.

IGNOTUS : Ce este baza de timp ?

CURIOSUS : Această denumire este atribuită circuitelor care generează tensiunile sau curenţii în formă de dinţi de fierăstrău, utilizate pentru devierea fasciculului în tuburile catodice.



Iată schema unei baze de timp realizată cu o triodă cu vid. Vei regăsi condensatorul *C* care se încarcă prin rezistenţa *R* şi care se descarcă apoi, într-o clipă, prin triodă.

IGNOTUS : Dar văd că trioda este montată ca oscilator : curentul anodic induce, prin transformator, o tensiune în circuitul de grilă. Am presupus că bobinajele transformatorului sînt astfel cuplate, încît asigură o reacţie pozitivă şi nu una negativă.

CURIOSUS : Este adevărat. Acest oscilator generează însă oscilaţii care nu sînt sinusoidale. Cuplajul între bobinajul anodic şi cel de grilă este foarte strîns.

Pe măsură ce condensatorul *C* se încarcă prin rezistenţa R_1, tensiunea anodică creşte, ceea ce duce la mărirea curentului anodic. Prin inducţie, grila este din ce în ce mai puţin negativă şi, la un moment dat, ajunge pozitivă.

În acest moment rezistenţa internă a triodei scade pînă la o valoare neglijabilă şi condensatorul se descarcă prin spaţiul catod-anod, devenit foarte bun conducător de electricitate.

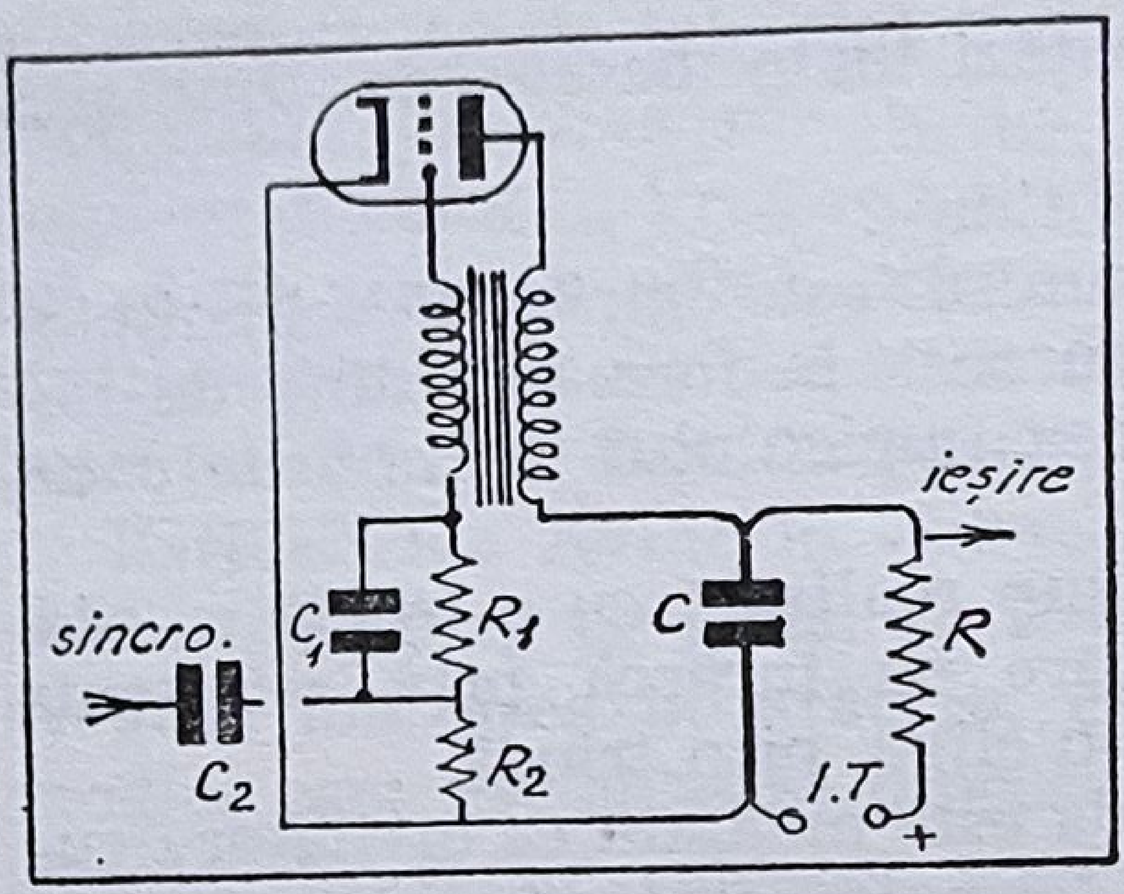
IGNOTUS : Cum se reîncarcă condensatorul, dacă este scurtcircuitat de triodă ?

CURIOSUS : Gîndeşte-te la fenomenele care se produc cînd grila, ajunsă pozitivă, atrage o parte din electronii emişi de catod. Aceşti electroni încarcă condensatorul C_1, astfel că grila îşi schimbă foarte curînd polarizarea şi devine negativă. Negativarea creşte atît de mult încît nu mai permite trecerea electronilor spre anod şi curentul anodic este anulat. Trioda noastră s-a blocat. Iată de ce i s-a dat acestui circuit numele de *generator autoblocat*.

IGNOTUS : Bine, dar el se deblochează imediat, deoarece condensatorul C_1 se descarcă prin rezistenţa R_1 care este în derivaţie cu el.

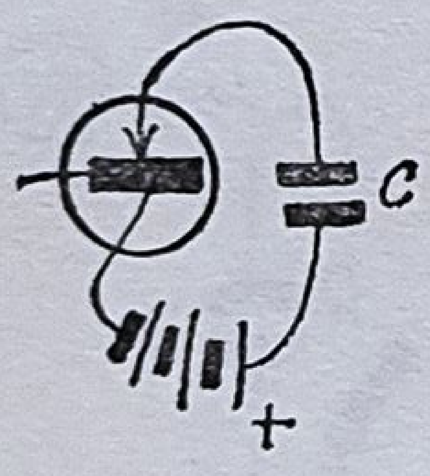
CURIOSUS : Această descărcare se produce mai încet decît presupui tu, pentru că rezistenţa R_1 are o valoare foarte mare. Şi, în timpul acestei descărcări condesatorul *C* se încarcă treptat, din nou.

IGNOTUS : Pînă la urmă, tensiunea pe acest condensator este în formă de dinţi de fierăstrău. Ea creşte progresiv pînă cînd produce scăderea bruscă a rezistenţei interne a tubului, fapt care determină reducerea rapidă a tensiunii, după care procesul reîncepe.



Bază de timp în care descărcarea condensatorului C se face prin triodă, atunci cînd pe grilă sosește un impuls de sincronizare.

CURIOSUS : Văd că ai înțeles funcționarea generatorului autoblocat. Te rog să observi că impulsurile de sincronizare ajung pe grilă prin condensatorul C_2 și produc salturi de tensiune de scurtă durată pe rezistența R_2. Datorită lor, grila devine mai pozitivă. În acest fel, scăderea rezistenței interne a triodei se produce cu puțin înainte de momentul în care ar fi avut loc fenomenul, în absența impulsurilor de sincronizare.

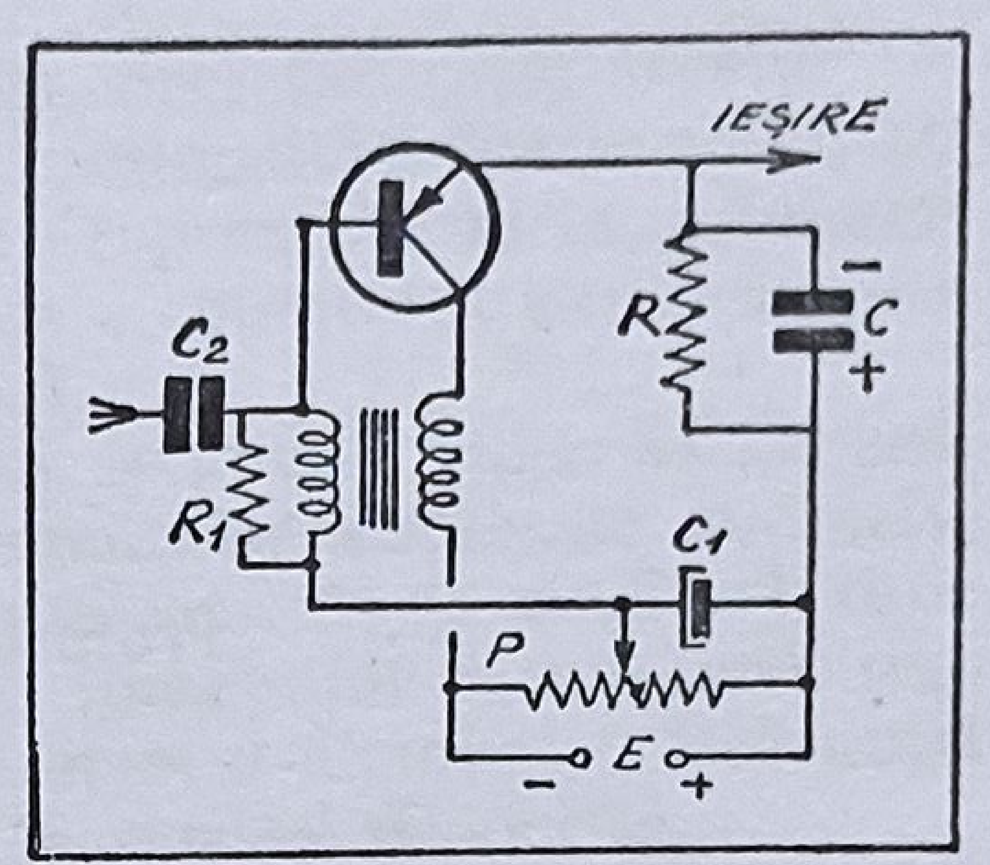


IGNOTUS : Constat că și aici se aplică principiul conform căruia perioada proprie a dintelui de fierăstrău este cu puțin mai mare decît cea a impulsurilor... Dar nu s-ar putea construi un generator autoblocat în care să înlocuim tubul electronic cu un tranzistor ?

GENERATORUL AUTOBLOCAT CU TRANZISTOR

CURIOSUS : Bine înțeles. Iată schema circuitului cu tranzistor. După cum vezi, condensatorul *C* se încarcă prin tranzistor. Dar, spre deosebire de schemele pe care ți le-am arătat pînă acum, porțiunea mai lungă, oblică a dintelui de fierăstrău este produsă de descărcarea condensatorului ; în schimb încărcarea se face aproape instantaneu și determină, în consecință, întoarcerea rapidă a spotului la începutul liniei sau cîmpului următor.

IGNOTUS : Cred că descărcarea relativ lentă se produce atunci cînd tranzistorul este blocat ; în acest timp condensatorul *C* se descarcă prin rezistența *R*. Cît despre încărcarea rapidă, cred că ea se produce atunci cînd baza tranzistorului devine negativă, din care cauză de la emitor la colector circulă un curent de saturație. Mă refer, bine înțeles, la sensul convențional al curentului... Dar cum se produce în acest caz blocarea și apoi saturația tranzistorului ?



În generatorul autoblocat se poate utiliza, în locul tubului, un tranzistor.

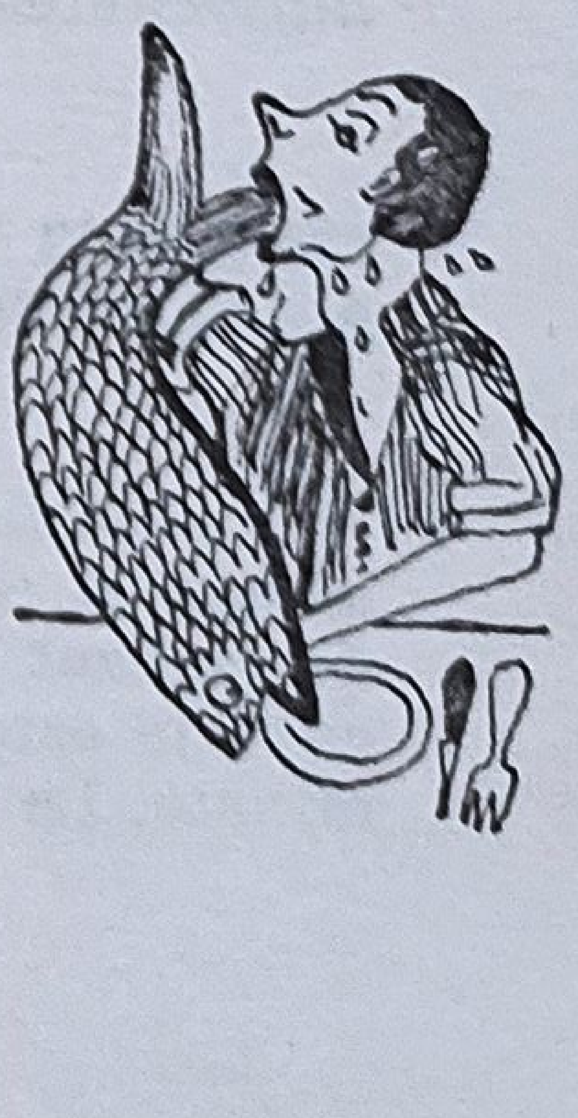
CURIOSUS : Să analizăm fenomenul, începînd din momentul în care condensatorul *C* este încărcat. În acel moment, armătura legată la emitor este negativă şi deci tranzistorul este blocat.

După cum vezi, potenţialul bazei este reglat cu ajutorul potenţiometrului *P* astfel încît blocarea să fie sigură. Modificarea acestui potenţial nu se face prea uşor, căci condensatorul de decuplare C_1 este electrolitic şi are o capacitate mare.

După un timp destul de mare de la începerea descărcării condensatorului, potenţialul emitorului devine suficient de pozitiv şi prin tranzistor începe să treacă un curent. Ajungînd în bobinajul legat la colector, acest curent induce în bobinajul conectat la bază, o tensiune care aduce baza la un potenţial mai negativ.

IGNOTUS : Am înţeles. În continuare, cu cît baza devine mai negativă cu atît creşte curentul în colector. La rîndul lui, curentul induce prin transformator o tensiune care negativează şi mai mult baza... Această succesiune de fenomene se petrece, fără îndoială, foarte repede, astfel încît curentul tranzistorului ajunge foarte curînd la saturaţie, iar condensatorul *C* se încarcă aproape instantaneu. Apoi, totul reîncepe.

CURIOSUS : După felul în care judeci, deduc că ai acumulat o mare cantitate de fosfor... Observi că, reglînd cu ajutorul potenţiometrului *P* potenţialul bazei, stabilim perioada de încărcare şi de descărcare a condensatorului *C*. Această perioadă trebuie să fie puţin mai mare decît intervalul dintre impulsurile de sincronizare care sînt aplicate prin C_2 pe bază. Aceste impulsuri sînt negative şi declanşează saturaţia tranzistorului.



Există şi alte scheme de baze de timp. Din lipsă de timp, nu ţi le voi descrie. Esenţial este să reţii că dinţii de fierăstrău sînt produşi întotdeauna prin încărcarea şi descărcarea unui condensator. Cred că ţi-am încărcat destul memoria, aşa că odihneşte-te.

Profesorul Radiol trece în revistă diverse

Tuburi analizoare

Prin ce mijloc sînt transformate imaginile luminoase din studiourile de televiziune în semnale electrice? Radiol dă explicații, descriind întîi iconoscopul, acest strămoș al tuburilor analizoare și apoi alte tuburi care se bazează pe utilizarea substanțelor fotoemisive sau fotoconductive.

Îți amintești desigur, dragul meu Ignotus, cum funcționează tubul catodic, despre care iți spuneam că este utilizat atît în receptoarele de televiziune cît și în studiouri.

În ambele cazuri este necesar ca fasciculul de electroni să fie focalizat și deviat pe orizontală și pe verticală pentru a se asigura explorarea liniilor și cîmpurilor.

Bineînțeles că deviația fasciculului se face, în cele două cazuri, cu scopuri complet diferite: în timp ce, în receptoare, fasciculul produce luminiscența ecranului, strălucirea fiecărui element fiind proporțională cu intensitatea fasciculului de electroni, în *tubul analizor* montat în camera de televiziune, fasciculul se deplasează pe un ecran pe care este proiectată imaginea și determină variația semnalului electric în funcție de luminozitatea elementelor explorate.

CE CALITĂȚI TREBUIE SĂ AIBĂ TUBUL ANALIZOR?

Calitățile ce sînt impuse tuburilor analizoare (se folosește adesea și termenul „*tuburi videocaptoare*“) nu sînt deloc ușor de realizat. Sensibilitatea lor trebuie să fie foarte mare, cu alte cuvinte este necesar ca ele să poată transmite imagini slab luminate. La ieșirea lor trebuie să se obțină curenți proporționali

cu o gamă foarte mare de străluciri, deci saturaţia acestor tuburi trebuie să se producă doar la luminozităţi foarte mari, iar pînă în zona de saturaţie, curba care reprezintă variaţia semnalului video în funcţie de strălucirea elementului explorat, trebuie să fie cît mai dreaptă cu putinţă.

Pe de altă parte, este necesar ca semnalul video să varieze la fel de rapid ca strălucirea elementelor explorate succesiv. În plus, dacă strălucirea unui anumit element se modifică, ceea ce se întîmplă frecvent în captarea imaginilor în mişcare, trebuie ca la următoarea explorare a acestui element (adică după 1/25 secunde) semnalul să varieze în aceeaşi proporţie.

După cum vezi, tubului analizor i se impun destul de multe condiţii. Evident că mai este necesar ca tubul să nu fie prea mare, să funcţioneze un timp îndelungat fără să i se modifice caracteristicele şi, în acelaşi timp, exploatarea lui să fie simplă.

Să vedem acum, în ce fel pot fi satisfăcute toate aceste condiţii.

FOTOEMISIE ŞI FOTOCONDUCTIBILITATE

Pentru a transforma strălucirea în curent electric, putem utiliza substanţe *fotoemisive* sau substanţe *fotoconductive*. Cele dintîi emit electroni atunci cînd sînt supuse acţiunii razelor de lumină ; celelalte îşi reduc rezistenţa electrică atunci cînd sînt luminate. Dintre corpurile fotoconductive cel mai cunoscut este seleniul, utilizat de multă vreme în electrotehnică.

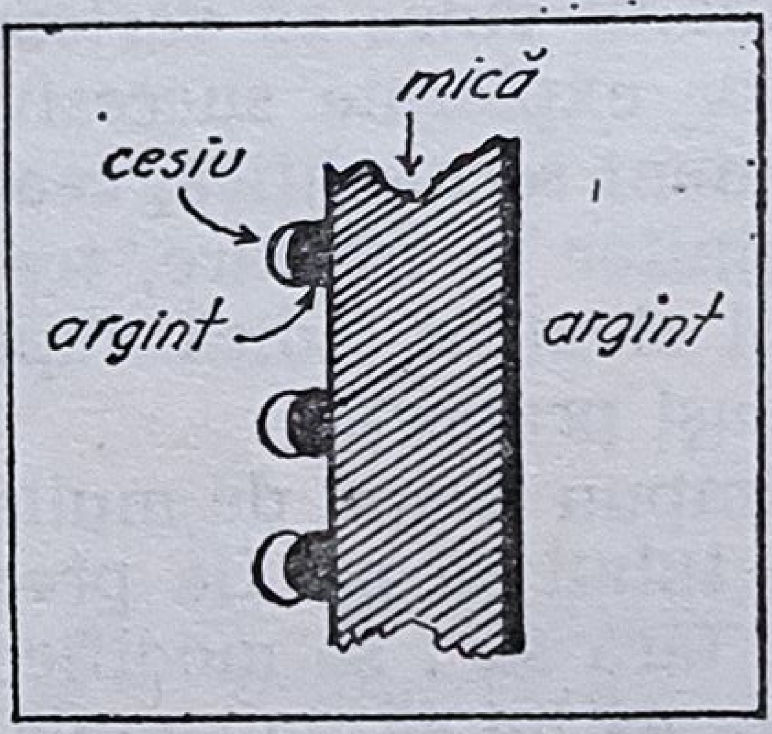
Printre corpurile fotoemisive întîlnim în special metale alcaline cum ar fi litiul, sodiul, rubidiul şi cesiul. Cel mai utilizat dintre ele este cesiul deoarece curba sa de sensibilitate este foarte apropiată de cea a ochiului, fiind cuprinsă între roşu şi violet şi avînd un maxim în verde, adică în mijlocul spectrului luminos vizibil.

Stratul de substanţă fotoemisivă din tubul analizor poartă uneori numele de *fotocatod*. Sub acţiunea razelor de lumină, fotocatodul emite o cantitate de electroni proporţională cu intensitatea luminii care a ajuns în punctul respectiv.

Suprafaţa pe care este proiectată imaginea de transmis, trebuie să fie acoperită cu un mozaic alcătuit din milioane de particule fotoemisive. În acest fel, fiecare element de imagine acoperă mai multe particule.

Te întrebi probabil, cum se realizează un astfel de mozaic. Iată cum : pe un strat foarte subţire de mică se împrăştie pică-

turi minuscule de argint. Apoi se pulverizează cesiul, care se așează într-o peliculă foarte fină pe fiecare din picăturile de argint. În consecință, iau naștere niște particule microscopice, izolate una față de cealaltă.



Stratul fotoemisiv

Pe cealaltă față a plăcii de mică se depune un strat uniform de argint. Îți dai desigur seama, că fiecare particulă fotoemisivă formează cu acest strat de argint un fel de microcondensator.

Să vedem acum, în ce fel se utilizează mozaicul fotosensibil, în tuburile analizoare.

ICONOSCOPUL, STRĂMOȘUL TUBURILOR ANALIZOARE

Iconoscopul, primul tub electronic analizor, a fost inventat în anul 1932 de Wladimir Zworykin, unul din pionierii televiziunii. El a fost asistentul profesorului Boris Rosing care a utilizat pentru prima oară, în laboratorul său din Petersburg, un tub catodic pentru recepția imaginilor.

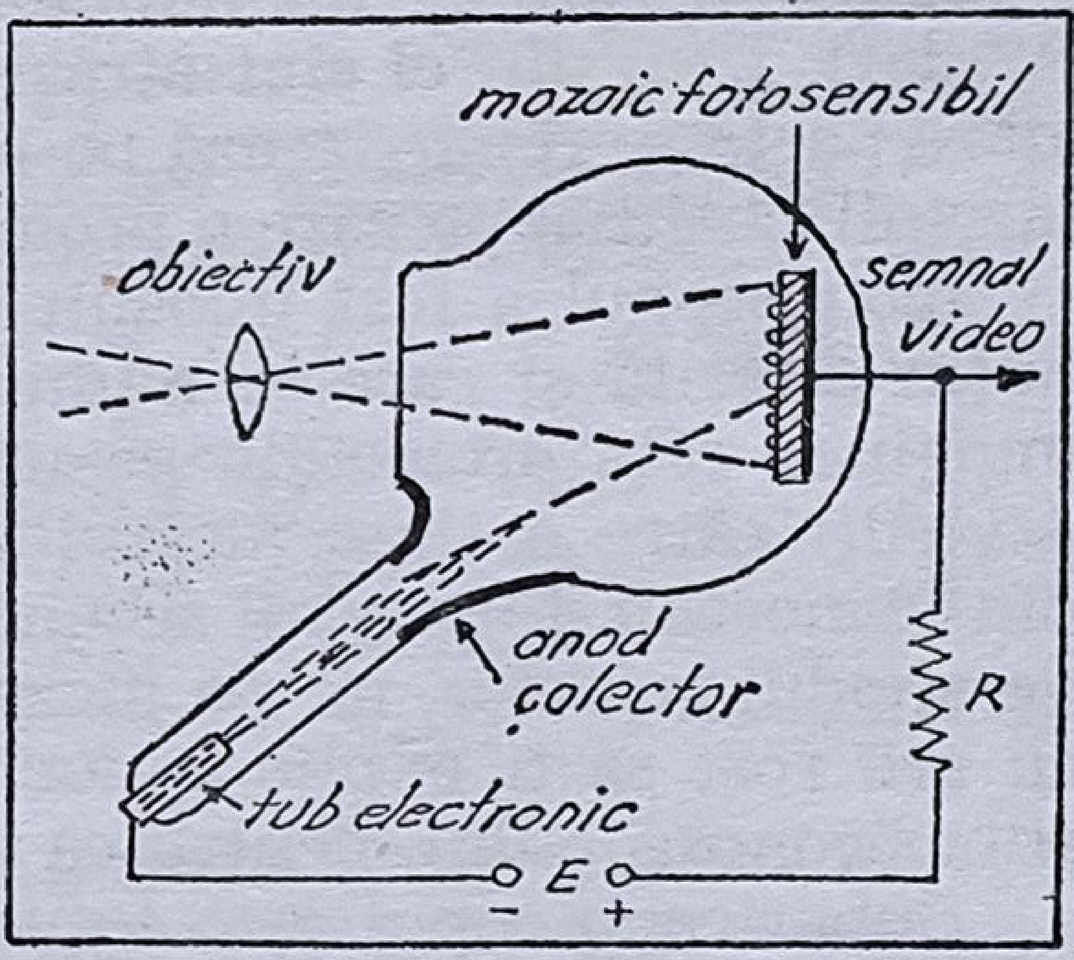
Iconoscopul, al cărui principiu a pus bazele tuburilor analizoare moderne, a fost realizat de Zworykin în Statele Unite.

În acest strămoș al tuburilor de astăzi, mozaicul fotoemisiv este așezat la extremitatea unui tub cu vid, de o formă specială. În fața mozaicului, peretele de sticlă al tubului este plan. Cu ajutorul unui obiectiv, se proiectează imaginea prin acest perete, pe mozaicul fotoemisiv.

Fiecare particulă din mozaic emite un număr mai mare sau mai mic de electroni, în funcție de intensitatea luminii incidente. Electronii emiși sînt atrași de un anod colector, alcătuit dintr-o depunere de metal care acoperă o parte din pereții interiori ai

tubului şi al cărui potenţial pozitiv atrage electronii, care sînt sarcini elementare negative.

Înţelegi desigur, că fiecare particulă fotoemisivă se încarcă cu o sarcină pozitivă, mai mare sau mai mică, în funcţie de numărul de electroni emis. În consecinţă, armătura pe care o constituie stratul conductor de pe faţa opusă a plăcii de mică atrage un număr de electroni.



Tubul analizor iconoscop, realizat în 1932 de Wladimir Zworykin.

Să vedem acum care este rolul fasciculului de electroni emis de tunul electronic situat la extremitatea porţiunii înclinate a tubului. Fasciculul este focalizat şi deviat pe orizontală şi pe verticală. Cîmpurile electrice şi magnetice silesc fasciculul să exploreze imaginea, în conformitate cu standardul adoptat. Ce se petrece în timpul explorării ? Cum acţionează fasciculul de electroni asupra fiecăreia din particulele fotoemisive, parcurse în totalitate în timp de 1/25 secunde ?

Electronii neutralizează în fiecare particulă sarcina pozitivă pe care a acumulat-o lumina între două treceri succesive ale fasciculului. Nemaifiind pozitivă, particula nu mai atrage electronii din pelicula metalică depusă pe faţa opusă a plăcii de mică. Aceştia se scurg, prin rezistenţa R, la polul pozitiv al unei surse de înaltă tensiune.

Trecînd prin rezistenţă, curentul modifică potenţialul capătului dinspre armătură al acesteia. Variaţiile de potenţial sînt proporţionale cu sarcina pozitivă a particulelor, deci cu intensitatea luminii ajunsă pe particule.

Îţi dai seama probabil, că aceste variaţii de potenţial constituie chiar semnalul video care reprezintă strălucirea elementelor imaginii. După ce va fi amplificat şi completat cu alte semnale, el va modula purtătoarea unui emiţător de televiziune.

SUPERICONOSCOPUL

Iconoscopul are o serie întreagă de imperfecțiuni. Cea mai gravă dintre ele se datorează electronilor secundari. Ca și în cazul triodei (sper că n-ai uitat acest fenomen), șocul produs de electronii din fasciculul de explorare, proiectați pe particulele mozaicului, smulge un număr destul de mare de electroni secundari. Unii din ei sînt atrași de anodul colector. Dar cea mai mare parte se repartizează pe particulele care le atrag din cauza sarcinii pozitive pe care o produce lumina.

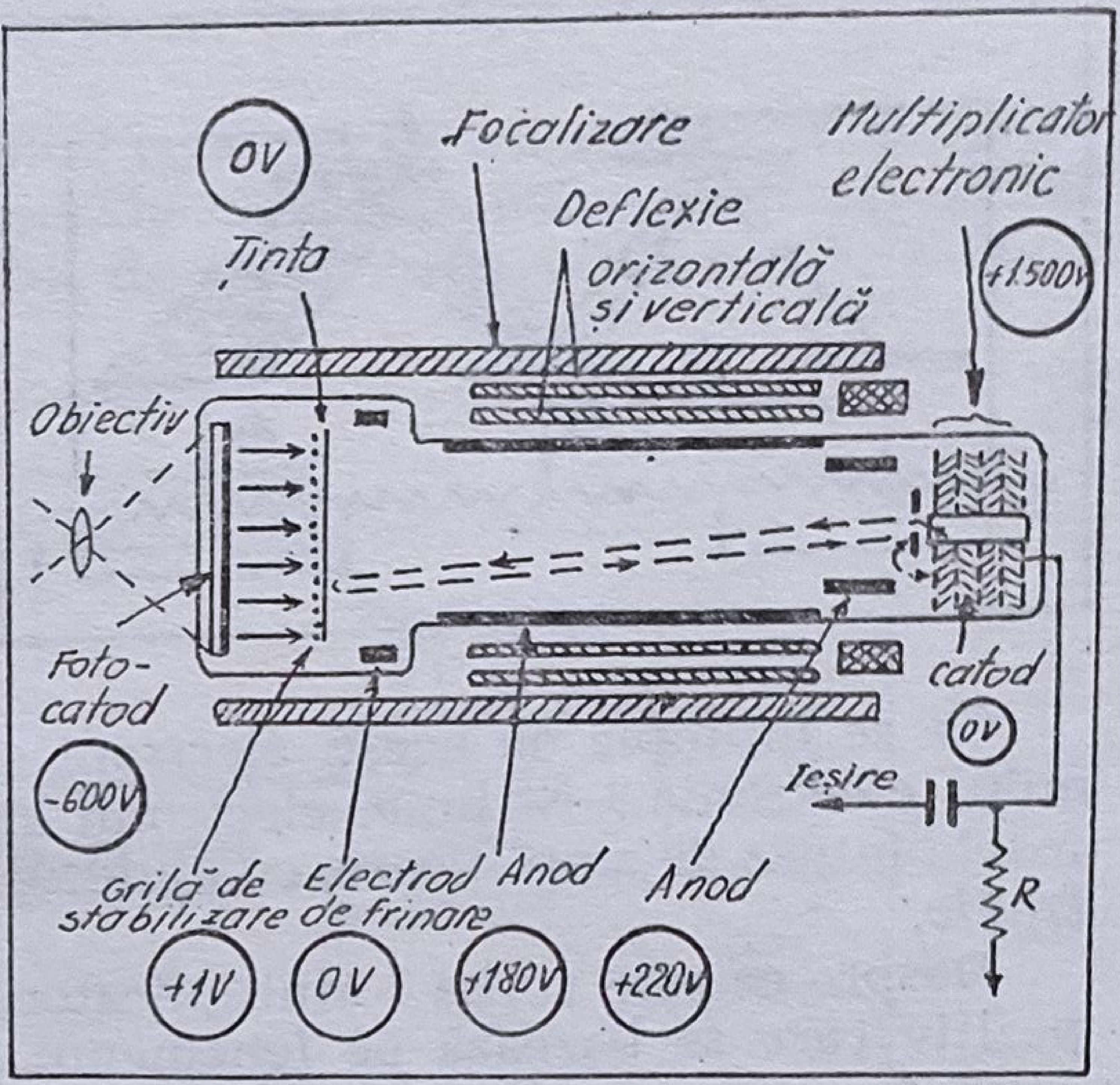
Iconoscopul a fost înlocuit de un tub a cărui concepție este puțin diferită și care se numește *supericonoscop*. În acest tub, imaginea este proiectată pe un fotocatod. Electronii emiși sînt azvîrliți către o țintă alcătuită dintr-un mozaic similar cu cel din iconoscop. Electronii secundari smulși în acest fel sînt atrași de anodul colector, iar pe mozaic apar sarcini pozitive. Nu cred că are rost să-ți explic amănunțit compunerea și funcționarea supericonoscopului, pentru că nici el nu mai este utilizat astăzi.

Supericonoscopul este totuși mai sensibil decît iconoscopul, datorită faptului că fotocatodul pe care este proiectată imaginea este format dintr-un strat uniform de cesiu, care oferă o soluție mai avantajoasă decît mozaicul.

SUPERORTICONUL

Cel mai perfecționat tub analizor, realizat pe baza principiului fotoemisiei, este *superorticonul*. În acest tub, imaginea este proiectată pe un fotocatod polarizat cu o tensiune negativă de valoare mare, care emite electronii spre o țintă alcătuită dintr-o plăcuță foarte subțire de sticlă (cca. 3 miimi de milimetru grosime !). Datorită unor săruri metalice incluse în compoziția ei, sticla are o oarecare conductibilitate electrică. Pe țintă nu se aplică nici o tensiune din exterior. Vei deduce cu ușurință că electronii emiși de fotocatod sînt atrași cu putere de ținta mult mai pozitivă decît fotocatodul. Bombardamentul electronilor atrași produce o emisie intensă de electroni secundari, care sînt captați de o sită foarte fină numită *grilă de stabilizare*, dispusă între fotocatod și țintă, la numai cîteva sutimi de centimetru de țintă.

Emisia secundară determină apariția pe țintă a unor sarcini pozitive, a căror valoare este cu atît mai mare, cu cît zonele corespunzătoare de pe fotocatod sînt mai puternic luminate.



Structura superorticonului. Valorile încercuite reprezintă tensiunile pe diverși electrozi.

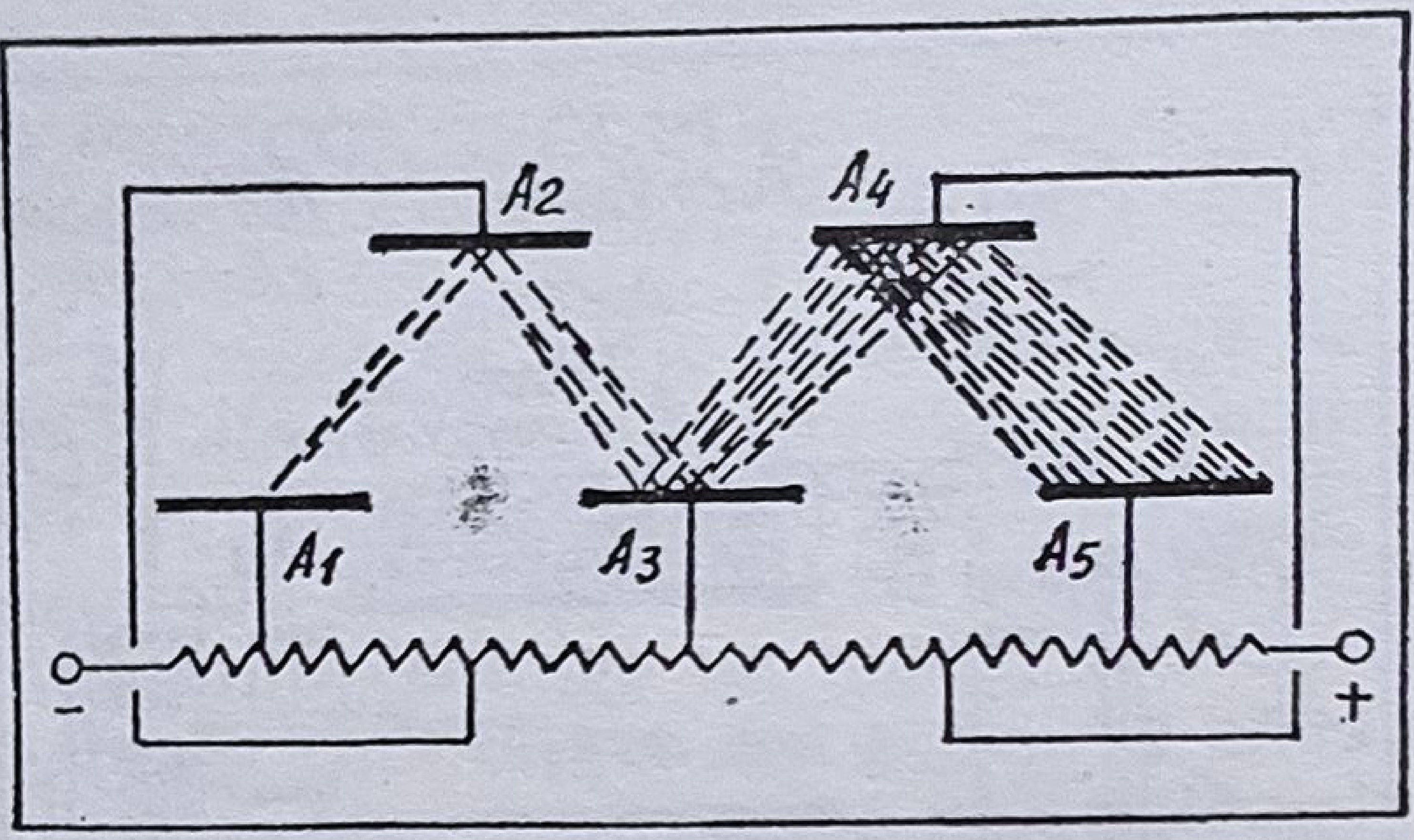
Fiind foarte subțire, ținta este traversată cu ușurință de sarcinile pozitive care sînt apoi neutralizate de fasciculul explorator proiectat de tunul electronic.

Particularitatea esențială a superorticonului este că fasciculul nu produce o emisie secundară atunci cînd atinge ținta. Un electrod așezat aproape de țintă și legat la o tensiune apropiată de zero constituie o adevărată frînă care încetinește mișcarea electronilor. Ei ajung astfel pe țintă cu o viteză foarte mică și nu extrag electroni secundari.

O parte mai mult sau mai puțin importantă din fascicul rămîne pe țintă și neutralizează particulele aflate la diverse potențiale pozitive. Ceilalți electroni se întorc spre tunul electronic și sînt atrași de anozii conectați la tensiuni pozitive înalte.

MULTIPLICATORUL DE ELECTRONI

Analizînd funcționarea tubului, vei ajunge cu ușurință la concluzia că intensitatea fasciculului de electroni este, la întoarcere, invers proporțională cu strălucirea elementelor corespunzătoare ale imaginii. Să verificăm această afirmație. Cu cît elementul este mai luminos, cu atît va fi mai pozitivă sarcina în punctul corespunzător de pe țintă ; deci în locul respectiv vor fi absorbiți mai mulți electroni și fasciculul va fi mai sărac, la întoarcere.



Multiplicatorul de electroni. Cei cinci anozi sînt puşi la potenţiale din ce în ce mai ridicate.

Ce se întîmplă cu aceşti electroni care revin pe anodul tunului electronic ? Ei bine, electronii sînt supuşi unui proces foarte intens de amplificare, cu ajutorul unui *multiplicator electronic*.

Despre ce este vorba ? Multiplicatorul electronic este un dispozitiv care se bazează pe fenomenul de emisie secundară. O suită de electrozi, aflaţi la potenţiale din ce în ce mai pozitive, atrag succesiv electronii. Să presupunem că un electron emis de primul anod smulge, atunci cînd ajunge pe cel de al doilea anod, 10 electroni. Fiecare din aceşti electroni bombardează anodul următor, smulgînd cîte 10 electroni, deci 100 în total, ş.a.m.d.

După cum vezi, fenomenul de emisie secundară, atît de supărător în unele situaţii, este foarte util în acest caz.

Datorită amplificării uriaşe pe care o asigură multiplicatorul electronic, superorticonul are o sensibilitate foarte mare. El prezintă însă unele dezavantaje în cazul transmiterii unor imagini foarte luminoase, care determină extragerea unui număr atît de mare de electroni secundari din ţintă, încît grila de stabilizare nu reuşeşte să-i capteze pe toţi şi semnalul video furnizat de tub este deformat.

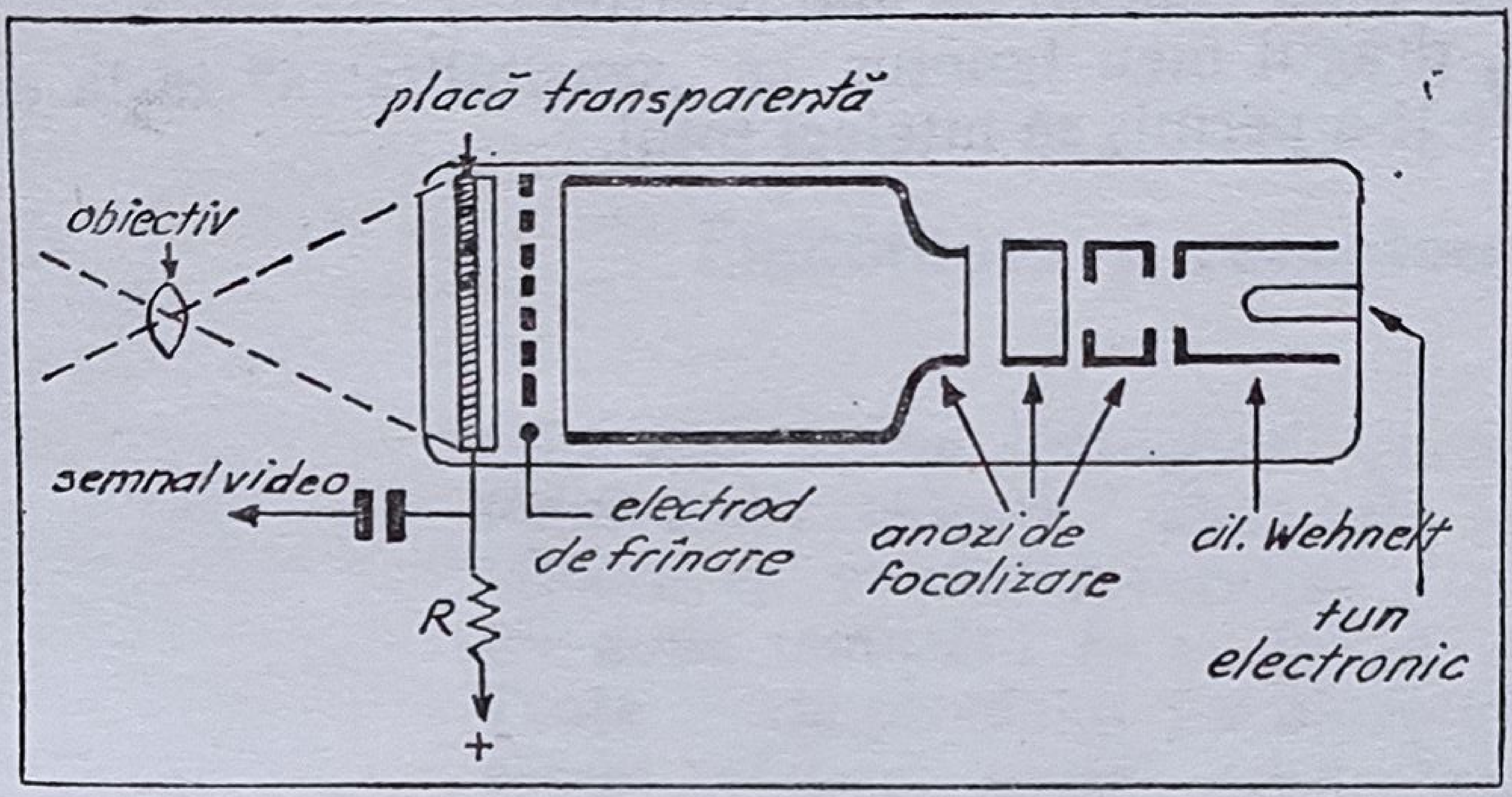
Din această cauză, astăzi se folosesc mai mult tuburile bazate pe fotoconductibilitate decît pe fotoemisie.

VIDICONUL ŞI PLUMBICONUL

Vidiconul este unul din cele mai răspîndite tuburi analizoare. Principiul lui de funcţionare este următorul : imaginea este proiectată pe o placă metalică atît de subţire, încît devine transparentă. Razele de lumină trec prin metal şi ajung pe un strat de substanţă fotoconductivă care acoperă faţa opusă a plăcii. Conductibilitatea acestui strat de seleniu sau de sulfură

de antimoniu crește proporțional cu intensitatea luminii ajunsă pe el.

Pe placa de metal a țintei cu material fotoconductiv se aplică un potențial cu cîteva zeci de volți mai mare decît cel al tunului electronic. Fasciculul de electroni emis de tun este foca-



Tubul analizor vidicon

lizat de către o serie de anozi și de cîmpul magnetic al unei bobine care înconjoară tubul și pe care n-am mai desenat-o. Nici bobinele care determină deflexia fasciculului nu sînt reprezentate în desenul meu.

Ce se întîmplă în momentul în care imaginea este proiectată pe țintă ? Trecînd prin placa metalică foarte subțire, lumina face ca diversele elemente ale stratului fotoconductiv să devină mai mult sau mai puțin conductoare. Prin urmare, potențialul pozitiv al plăcii atrage, prin stratul fotoconductiv, un număr variabil de electroni, deoarece fiecare element de suprafață are un potențial pozitiv, proporțional cu strălucirea punctului corespunzător din imagine.

Este ușor de înțeles că electronii din fasciculul care explorează această suprafață vor fi absorbiți, în proporție mai mare sau mai mică, în funcție de valoarea potențialului pozitiv al fiecărui element.

Înainte de a atinge stratul fotoconductiv, fasciculul de electroni străbate o grilă extrem de fină, al cărei potențial foarte scăzut reduce viteza electronilor. Datorită frînării, ei nu produc emisie secundară pe țintă și cei care nu sînt absorbiți pentru a neutraliza sarcinile pozitive, se întorc la tunul electronic.

Pe scurt, în funcție de iluminarea punctului explorat, un număr mai mare sau mai mic de electroni pătrunde prin stratul fotoconductiv pînă la plăcuța metalică ; electronii străbat apoi

rezistenţa R pe care produc o cădere de potenţial variabilă care reprezintă chiar semnalul video.

Plumbiconul asigură o sensibilitate mai mare decît vidiconul. El se bazează pe acelaşi principiu ca vidiconul, dar stratul său fotoconductiv este compus din protoxid de plumb şi este încadrat de două straturi foarte subţiri, din care unul este purtător de electroni, iar celălalt de ioni pozitivi.

Sper, dragul meu Ignotus, că „sensibilitatea“ ta la explicaţiile mele ţi-a permis să înţelegi totul.

Convorbirea a 17-a

Emițătoare și receptoare de televiziune

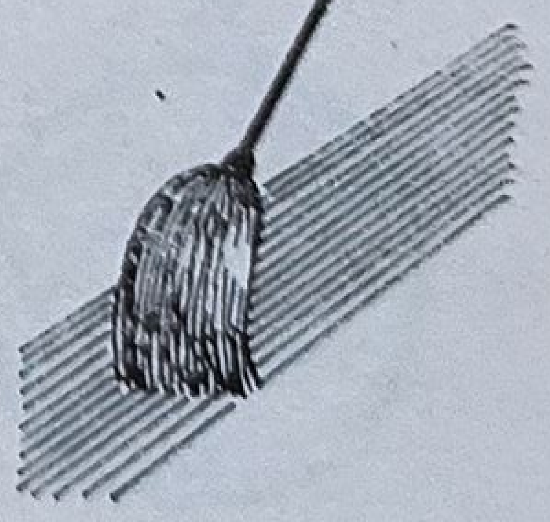
Care este forma semnalului video? Dar cea a semnalului sincronizare? Cum este modulată unda purtătoare cu semnalul rezultat din compunerea acestor două semnale? În ce fel se transmite sunetul? Toate aceste probleme fac obiectul discuției în cadrul căreia prietenii noștri examinează structura generală a emițătoarelor și receptoarelor de televiziune în alb-negru.

AMPLITUDINEA SEMNALULUI VIDEO

IGNOTUS: Cu ajutorul explicațiilor pe care le-am primit de la tine și de la unchiul tău, am impresia că am înțeles, în linii mari cum se realizează transformarea imaginilor în semnale electrice. Știu deci, care este structura diverselor tuburi analizoare și cum se generează curenții în dinți de fierăstrău care asigură baleiajul orizontal și vertical.

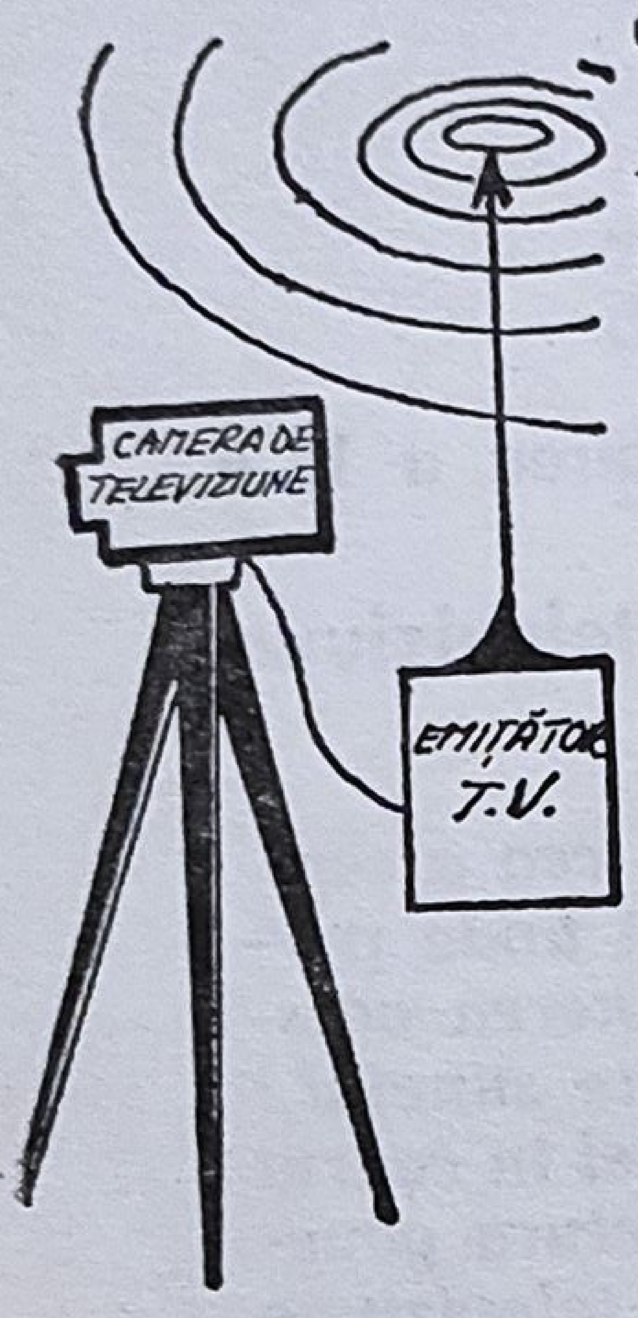
Semnalul video, obținut astfel, reprezintă fidel strălucirea elementelor de imagine explorate succesiv. Acest semnal ocupă, după cum am văzut, o bandă foarte largă de frecvențe. Pentru emisiunile noastre care utilizează 625 de linii, el ocupă 6 MHz.

CURIOSUS: Îți amintești cu siguranță că frecvența purtătoare trebuie să fie de cîteva zeci de ori mai mare decît lărgimea de bandă. Într-o discuție anterioară, am vorbit despre benzile de foarte înaltă frecvență și ultra înaltă frecvență folosite în televiziune.



IGNOTUS: Mi-ai spus atunci că în televiziune se utilizează modulația de amplitudine, deoarece pentru modulația de frecvență ar fi nevoie de o bandă prea largă.

Presupun că elementele cele mai luminoase ale imaginii măresc amplitudinea purtătoarei pînă la valoarea maximă, iar elementele negre o reduc la zero.



CURIOSUS : Felul în care se modifică amplitudinea purtătoarei în funcţie de semnalul video modulator depinde de standardul adoptat de fiecare ţară.

Ipoteza ta corespunde modulaţiei *pozitive*. Standardele adoptate de un foarte mare număr de ţări, printre care şi ţara noastră, prevăd însă utilizarea modulaţiei *negative*.

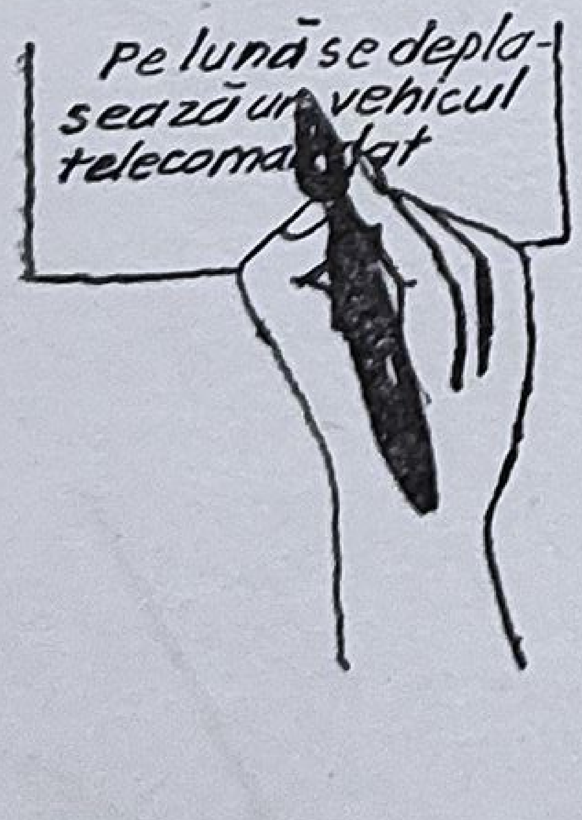
IGNOTUS : Ce înţelegi prin modulaţie negativă ?

CURIOSUS : La acest tip de modulaţie, cu cît este mai mare luminozitatea unui element, cu atît scade amplitudinea undei purtătoare. Cu alte cuvinte, cu cît creşte semnalul video, cu atît se reduce amplitudinea undei purtătoare.

Gama de luminozităţi nu produce însă — aşa cum ai presupus tu — variaţii ale purtătoarei între zero şi amplitudinea normală, ci doar între 10% şi 75% din această valoare. Dincolo de nivelul corespunzător acestor 75% ne aflăm în zona semnalului mai negru decît negrul.

IGNOTUS : De ce nu se utilizează totalitatea amplitudinilor posibile, pentru redarea gamei de luminozităţi ? La ce serveşte acest sfert din amplitudinea maximă aşezat dincolo de negru ?

CURIOSUS : Acolo este plasat semnalul de sincronizare care comandă întoarcerea spotului, la începutul liniilor şi cîmpurilor. Îţi dai seama că, în timpul drumului de întoarcere, fasciculul de electroni care explorează imaginea nu trebuie să „citească" strălucirile de pe acest traseu de revenire. În mod corespunzător, în receptor, fasciculul nu trebuie să producă în timpul întoarcerii un spot luminos.



IGNOTUS : Lucrurile se petrec la fel cînd scriem. Ajuns la sfîrşitul unui rînd sau al unei pagini, voi ridica tocul înainte de a reîncepe să scriu...

Deci toată gama de luminozităţi se încadrează în mai puţin de trei sferturi din amplitudinea undei purtătoare.

CURIOSUS : Există şi unele standarde, cum ar fi cele folosite în Anglia, Belgia şi parţial în Franţa, pentru care negrul se află la 30% din nivelul maxim al purtătoarei.

IGNOTUS : Revenind la întoarcerea fasciculului, îmi închipui că pe durata acestei întoarceri semnalul modulator este în zona „mai negru decît negrul".

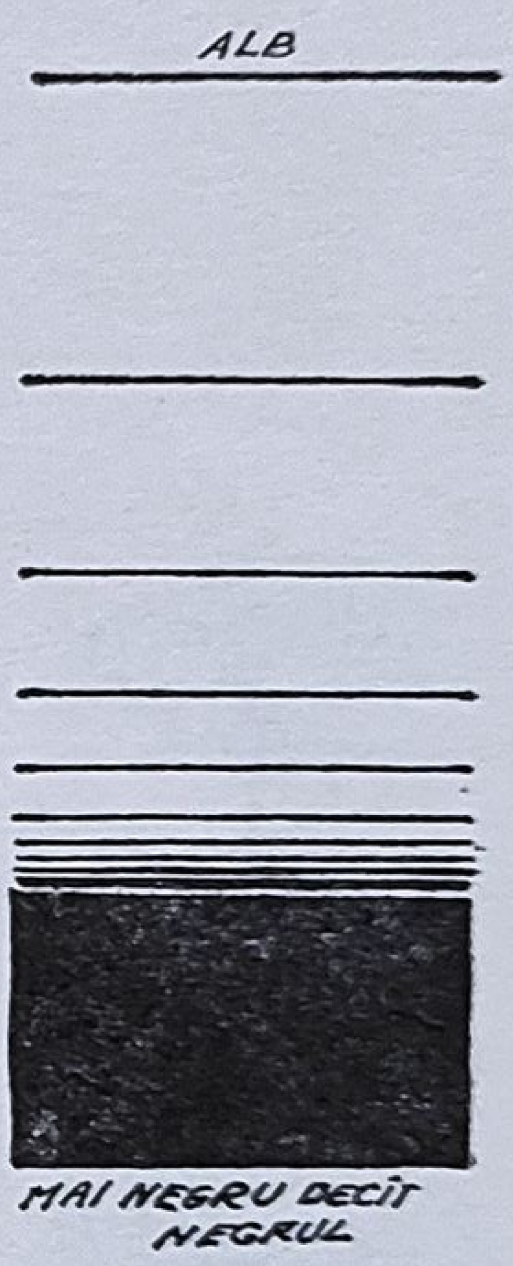
FORMA SEMNALULUI DE SINCRONIZARE

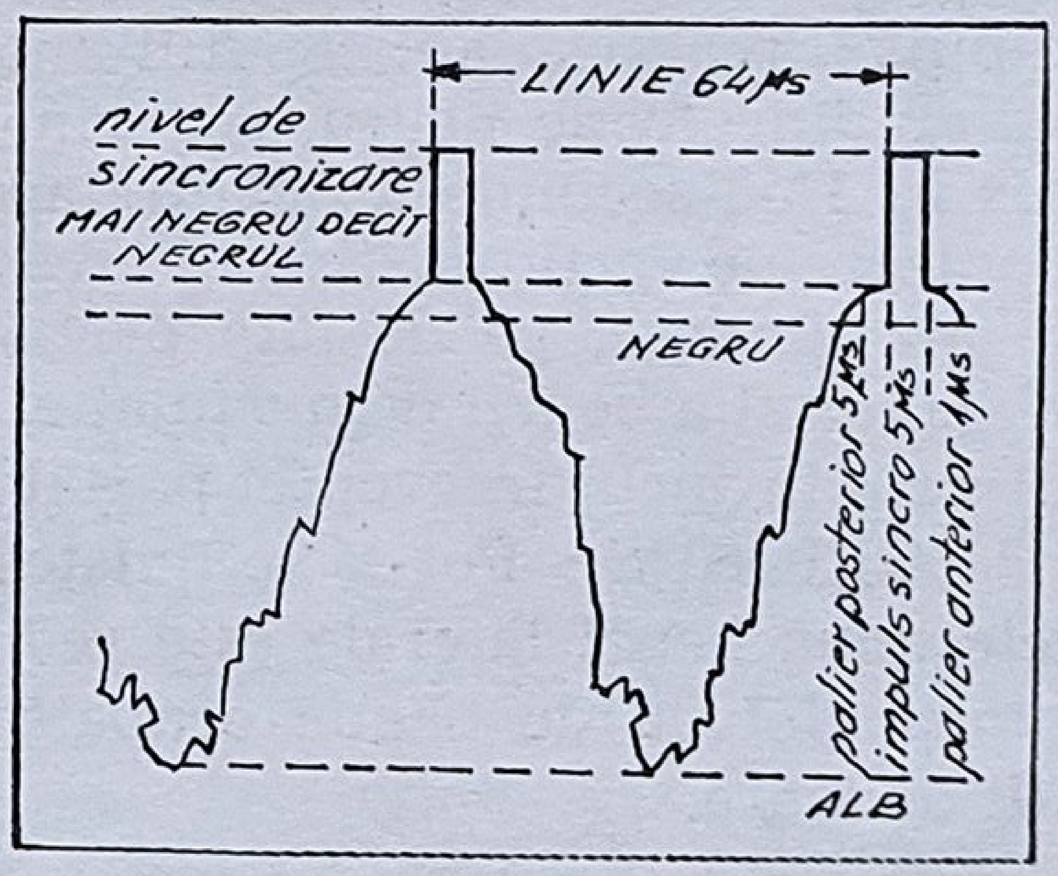
CURIOSUS : Într-adevăr, toate standardele prevăd plasarea semnalelor de sincronizare în această zonă.

IGNOTUS : Ce formă are acest semnal ? Cînd mi-ai vorbit despre generatoarele de semnale în dinți de fierăstrău, ai amintit de „impulsurile de sincronizare".

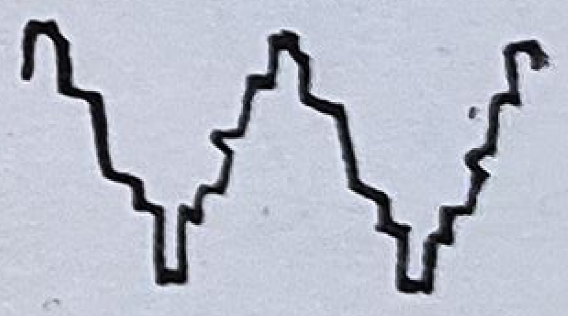
CURIOSUS : Da. Este vorba despre niște semnale foarte scurte, aproape dreptunghiulare. Semnalul de sincronizare pe orizontală este alcătuit dintr-un singur impuls care durează de zece ori mai puțin decît drumul dus și întors al unei linii. Înainte și după acest impuls, există cîte un mic palier orizontal care se află tot în zona de dincolo de negru. Palierul care precede impulsul este mult mai mic decît cel care îl urmează.

Îți voi desena curba care reprezintă variația amplitudinii undei modulate, într-un interval care cuprinde explorarea unei linii și semnalele de sincronizare. Duratele sînt date în microsecunde și corespund aproximativ normelor Organizației Internaționale de Radio și Televiziune (OIRT) care sînt adoptate și în R. S. România.

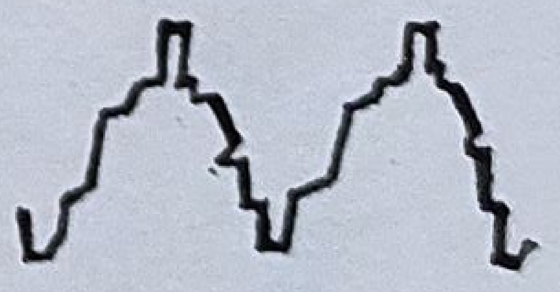




Formarea semnalului video și nivelele corespunzătoare de iluminare.



IGNOTUS : Presupun că dacă voi întoarce desenul tău cu capul în jos voi obține situația corespunzătoare modulației pozitive utilizată în Franța, în Belgia și Anglia.



CURIOSUS : Văd că ești perfect informat despre standardele utilizate în lume.

A venit timpul să-ți spun cum arată semnalul de sincronizare pe verticală. Diversele standarde prevăd pentru ansamblul impulsurilor care alcătuiesc semnalul plasat între două cîmpuri succesive, o durată cuprinsă între 13 și 41 de ori durata unei linii. Standardul OIRT prevede între două cîmpuri un interval de 23—31 de ori mai mare decît durata unei linii.



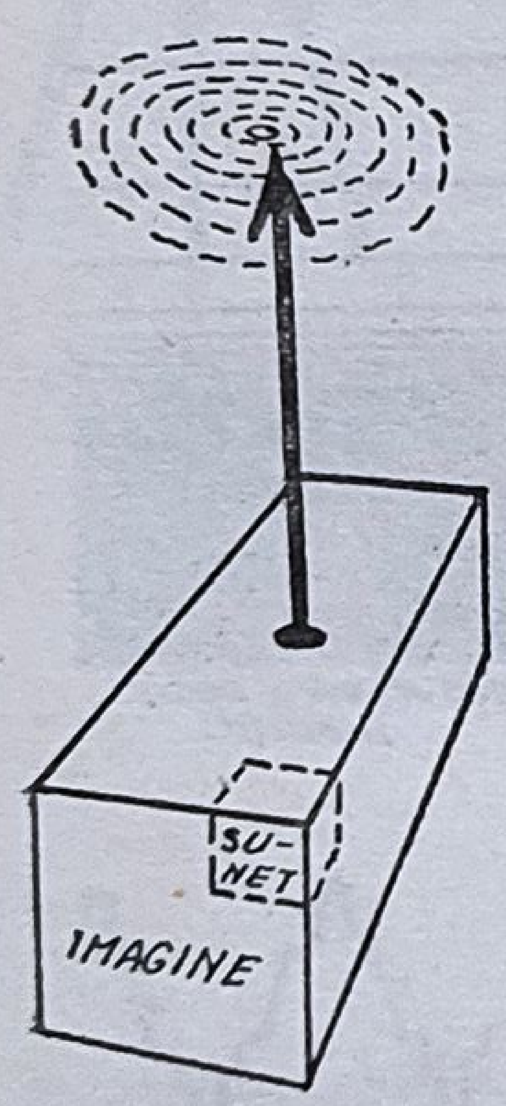
IGNOTUS : Asta înseamnă cam 1,5—2 milisecunde. Un timp foarte scurt în aparență, dar deloc neglijabil în electronică. Ce se petrece în acest interval de timp ?

CURIOSUS : În afară de impulsurile utilizate pentru sincronizarea pe verticală, în tot acest timp se succed cu regularitate impulsurile de sincronizare pe orizontală.

IGNOTUS : La ce bun, o dată ce în acest interval imaginea nu este transmisă ?

CURIOSUS : Dacă nu s-ar face comanda explorării pe orizontală, liniile n-ar mai fi sincronizate la începutul cîmpului următor şi imaginea ar fi deformată.

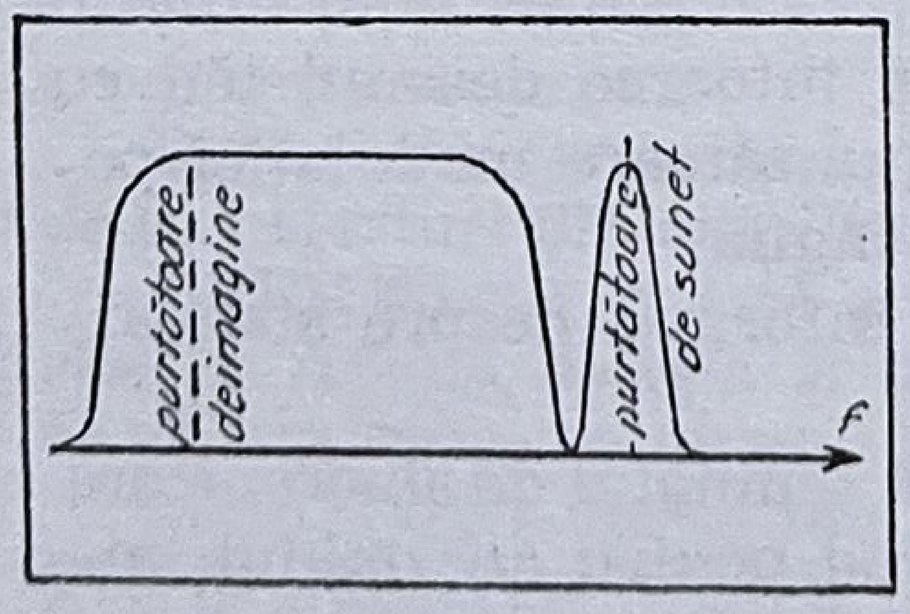
UNDE MODULATE CU IMAGINE ŞI SUNET



IGNOTUS : Constat că undele emise în televiziune sînt teribil de complicate. În timpul fiecării linii, amplitudinea undelor variază în funcţie de luminozitatea elementelor explorate. La sfîrşitul liniei spotul devine mai negru decît negrul. Apoi, un impuls îl readuce la începutul liniei următoare şi, după un scurt palier dincolo de negru, redevine luminos ; după ce s-a transmis în 1/50 secunde un cîmp, începe suita impulsurilor de sincronizare pe verticală. Spotul urcă pe durata cîtorva zeci de linii...

Mă gîndesc, pe de altă parte, la lărgimea uriaşă de cîţiva megahertzi a benzii de modulaţie, care formează cele două benzi laterale în jurul frecvenţei purtătoare.

CURIOSUS : Pot să te liniştesc în această privinţă. Una din cele două benzi laterale este redusă foarte mult, astfel că lărgimea globală de bandă ocupată de televiziune nu este chiar atît de mare.



Benzile de frecvenţă ocupate de undele care transmit imaginea şi sunetul.

IGNOTUS : Spune-mi, unda care transmite sunetul este aproape de purtătoarea de imagine ?

CURIOSUS : Da, frecvenţa purtătoare de sunet este în imediata apropiere a benzii laterale neatenuate a imaginii. Din această cauză, aceeaşi antenă serveşte atît pentru recepţia sunetului cît şi pentru recepţia imaginii.

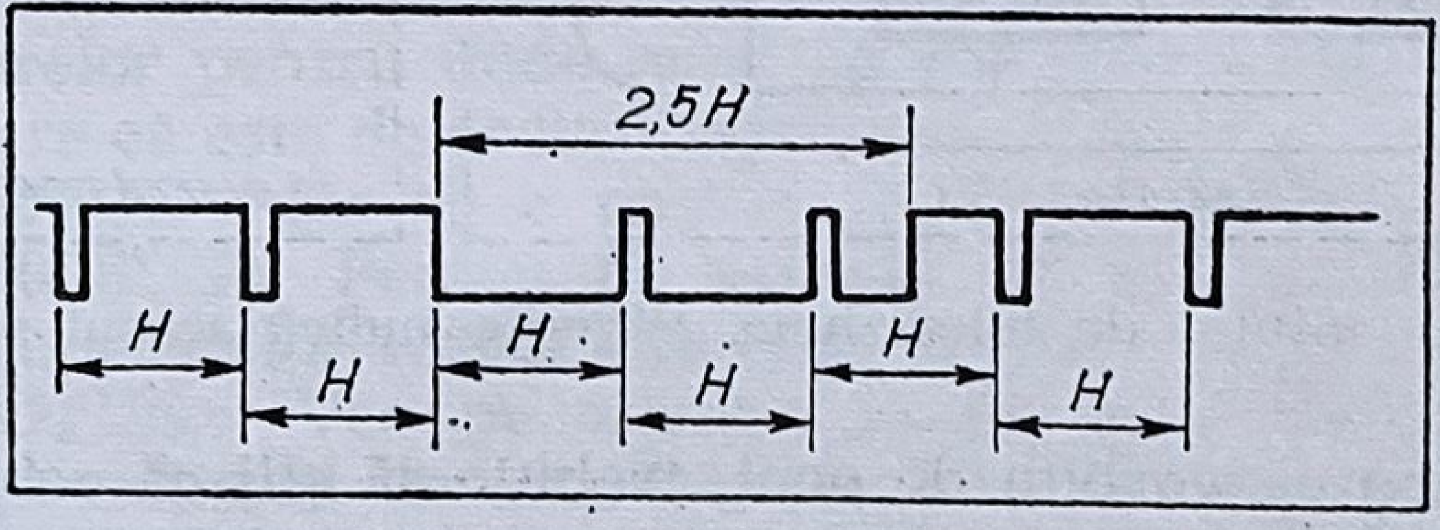
IGNOTUS : Purtătoarea de sunet este modulată în amplitudine sau în frecvență ?

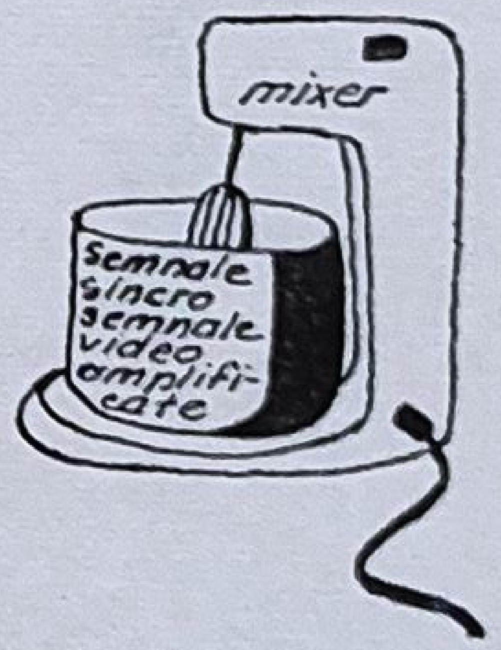
CURIOSUS : La fel ca în majoritatea țărilor, la noi sunetul se transmite cu modulație de frecvență. În Franța, în Anglia și în Belgia se folosește modulația de amplitudine.

LANȚUL DE EMISIE LA TELEVIZIUNE

IGNOTUS : Am impresia că, un emițător de televiziune este mult mai complex decît un emițător de radiodifuziune care este, de altfel, o parte componentă a acelui dintîi.

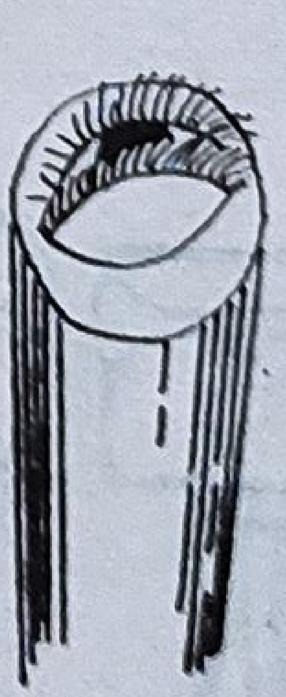
CURIOSUS : Așa este. Dar pentru a rezuma ceea ce ai învățat iți voi desena o schemă... schematică a unui „lanț de emisie" care cuprinde instalațiile de la studioul și de la emițătorul de televiziune. Pentru simplificare voi omite partea de sunet.





După cum vezi, generatoarele de semnale de sincronizare pe orizontală și pe verticală sînt comandate de un oscilator pilot. La rîndul lor, aceste generatoare comandă etajele care asigură baleiajul orizontal și vertical al tubului analizor.

Aceleași semnale de sincronizare sînt introduse într-un circuit în care sînt amestecate cu semnalul video, amplificat în prealabil. În acest fel se obține un semnal complex în care alternează variațiile de tensiune care redau luminanțele de pe fiecare linie, cu cele care comandă întoarcerea la începutul liniilor și cîmpurilor.

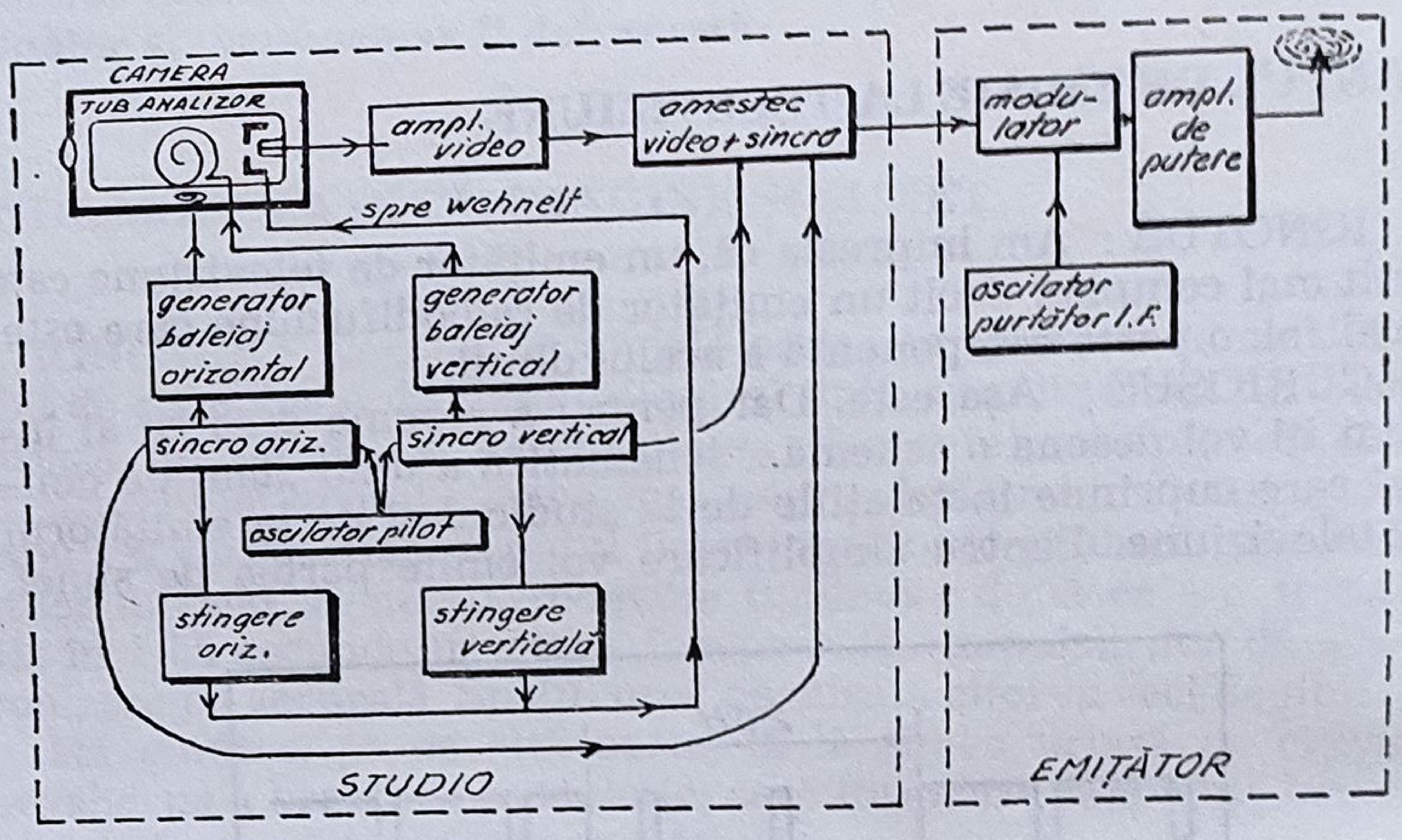


Aceste semnale complexe sînt trimise la emițătoare, unde modulează oscilațiile purtătoarei. Amplificate pînă la puteri foarte mari, aceste oscilații sînt trimise în antena de emisie care le radiază sub formă de unde.

IGNOTUS : În schema ta figurează și niște blocuri pentru stingere pe orizontală și pe verticală. Ele sînt comandate de semnalele de sincronizare și sînt legate la grila Wehnelt a tubului analizor.

Presupun că au rolul de a negativa destul de mult grila Wehnelt, în timpul întoarcerii pe orizontală și pe verticală, pentru ca fasciculul de electroni să fie oprit și să nu mai „citească“ în acest timp elementele corespunzătoare ale imaginii.

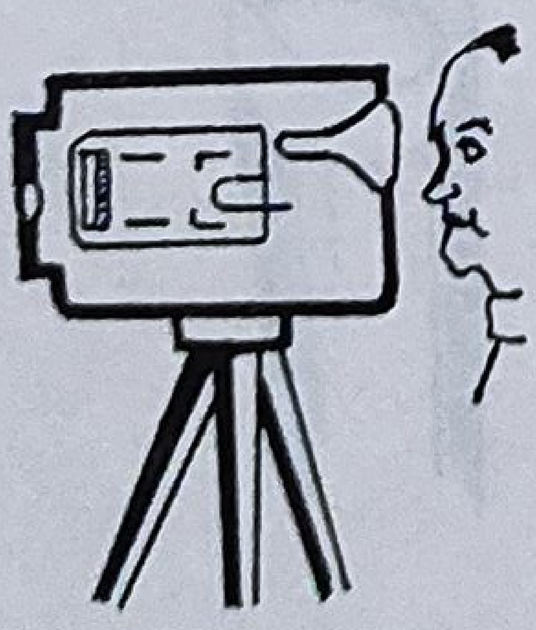
CURIOSUS : Exact. S-ar putea zice că, tubul analizor închide ochii în timpul întoarcerii pe orizontală și pe verticală.



Structura lanțului de televiziune. Săgețile indică sensul semnalelor.

Și pentru că vorbim de ochi, trebuie să știi că ochii operatorii de la camera de televiziune urmăresc imaginea într-un vizor complet diferit de cele utilizate în aparatele fotografice. În camera de televiziune, vizorul nu este optic ci electronic, adică este un televizor foarte simplificat.

Semnalul video ajunge în vizor direct din cameră, astfel încît operatorul vede o imagine identică cu cea care ajunge la telespectator.

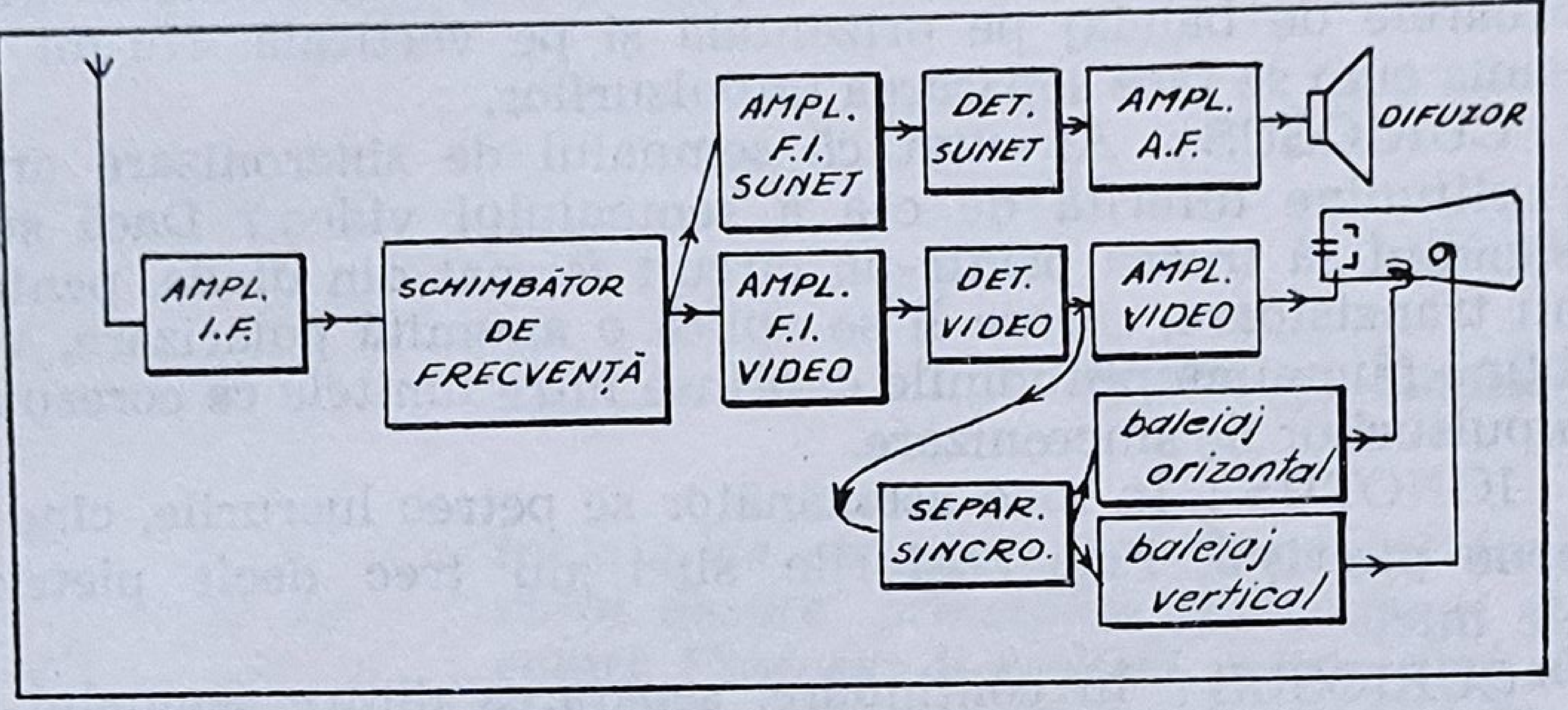


STRUCTURA RECEPTOARELOR DE TELEVIZIUNE

IGNOTUS : Pentru că vorbești de telespectatori, aș vrea să cunosc schema generală a unui televizor. Presupun că există o analogie între radioreceptoare și televizoare.

CURIOSUS : Bineînțeles. În receptorul de televiziune, semnalul de înaltă frecvență captat de antenă este amplificat și apoi introdus într-un schimbător de frecvență.

IGNOTUS: Prin urmare, schema unui televizor are elemente comune cu schema unui radioreceptor superheterodină.



Schema bloc a unui televizor.



CURIOSUS: Da, dar frecvența intermediară este mult mai mare la televizoare. În timp ce frecvența intermediară a radioreceptoarelor pentru unde medii și lungi este sub 0,5 MHz, în televizoare ea este de ordinul zecilor de megahertzi.

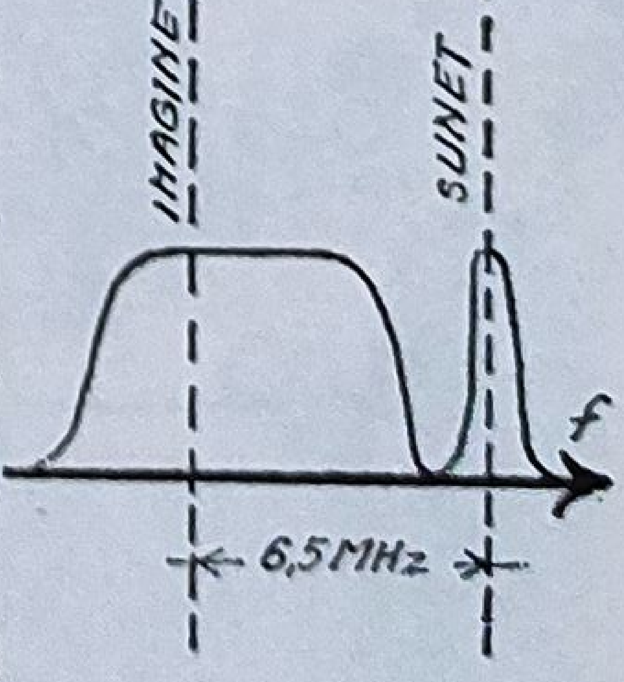
IGNOTUS: De ce e nevoie de frecvență atît de înaltă?

CURIOSUS: Pentru că această FI trebuie să transmită banda frecvențelor video, care este de cîțiva megahertzi.

IGNOTUS: Văd pe schema ta că după schimbătorul de frecvență urmează un amplificator FI video și separat un amplificator FI sunet. De ce e nevoie de această separare?

CURIOSUS: Ai uitat că sunetul este transmis pe o frecvență care este distanțată cu cîțiva megahertzi de frecvența care transportă imaginea? La noi în țară, frecvența purtătoarei de sunet este cu 6,5 MHz mai mare decît cea a purtătoarei de imagine.

IGNOTUS: Deduc că cele două frecvențe intermediare sînt și ele distanțate cu 6,5 MHz.



CURIOSUS: Exact. Și acum, pentru că ai reținut că purtătoarea de sunet este la o distanță fixă de cea de imagine, îți voi mărturisi că în receptoarele moderne se folosește un amplificator intermediar comun. Se separă apoi zona de frecvențe aflată la 6,5 MHz de FI imagine. Din semnalul obținut astfel, se extrage prin demodulare — la fel ca în receptoarele pentru modulația de frecvență — curentul de audiofrecvență, care se amplifică și se trimite apoi la difuzor.

Cît despre semnalul video, el este detectat, amplificat și trimis pe grila Wehnelt a tubului catodic al televizorului. În acest tub numit *cinescop*, luminanța elementelor de pe ecran

va depinde deci de semnalul video care comandă intensitatea fasciculului electronic.

IGNOTUS : Văd că, după detecţie, semnalul este trimis şi la un separator de impulsuri de sincronizare, care comandă generatoarele de baleiaj pe orizontală şi pe verticală. Nu-mi dau seama cum se face separarea impulsurilor.



CURIOSUS : Ai uitat că semnalul de sincronizare are o amplitudine diferită de cea a semnalului video ? Dacă silim semnalul să treacă printr-un circuit format din diode, pentode sau tranzistoare, cărora li se aplică o anumită polarizare, vom obţine numai amplitudinile cuprinse între limitele ce corespund impulsurilor de sincronizare.

IGNOTUS : În mod asemănător se petrec lucrurile, cînd se cerne pietrişul. Prin ochiurile sitei nu trec decît pietricelele mici.

CURIOSUS : În continuare, separarea dintre semnalul de sincronizare pe verticală şi impulsurile de linii se bazează pe diferenţa mare de durată dintre ele.

IGNOTUS : Am înţeles, în linii mari, cum funcţionează un televizor în alb-negru. Dar nu mi-ai spus nimic despre receptoarele de televiziune în culori.

CURIOSUS : Îţi voi spune data viitoare.

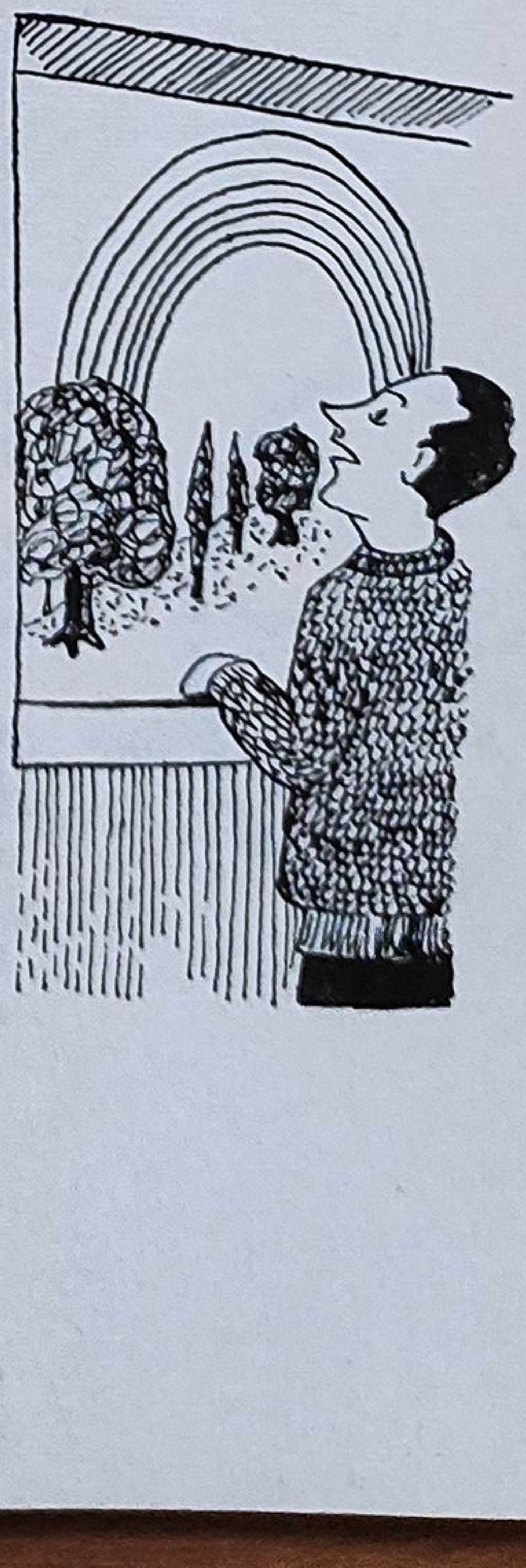
Convorbirea a 18-a

Fizica și fiziologia culorii

Înainte de expunerea profesorului Radiol, care va vorbi despre principiile transmiterii imaginilor în culori, Curiosus îi explică prietenului său, compoziția lumii albe și a diverselor culori din spectru. El examinează apoi aspectele fiziologice ale perceperii culorilor și amintește despre teoria tricromatică pe care se bazează televiziunea în culori.

SPECTRUL LUMINOS

CURIOSUS : Unchiul meu Radiol este plecat într-o călătorie. Din această cauză, el n-a putut să înregistreze pe magnetofon expunerea următoare din seria celor în care îți explică diverse aspecte din tehnica electronică.



IGNOTUS : Păcat că nu-i aici, pentru că a pierdut prilejul să contemple curcubeul superb pe care l-ai observat probabil și tu azi dimineață.

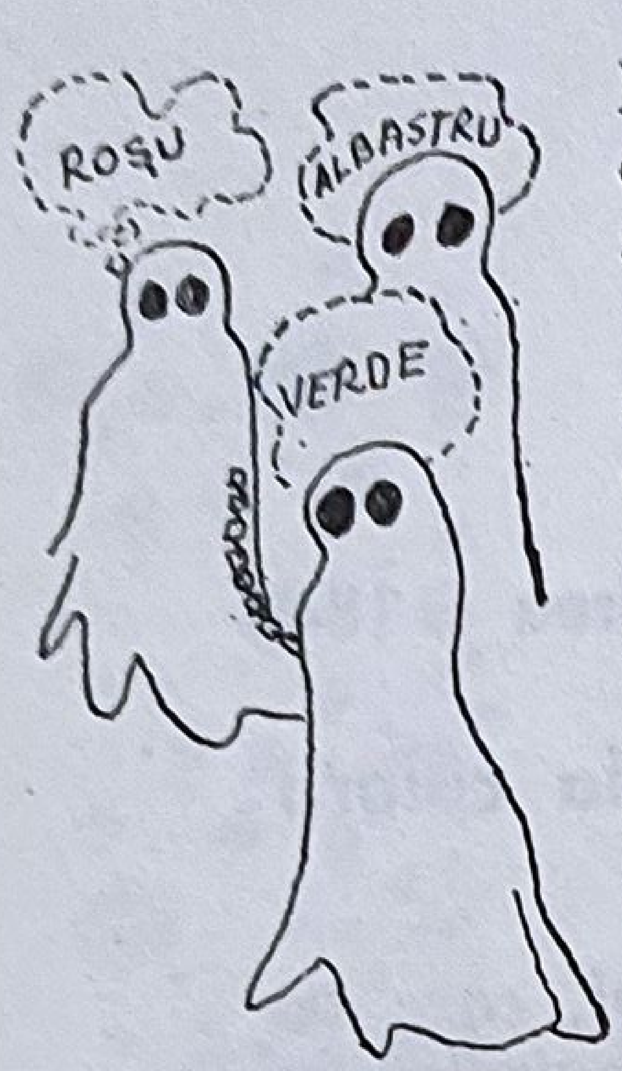
CURIOSUS : Da, era foarte frumos.

IGNOTUS : Mă întreb cum reușește soarele, care răspîndește în mod normal o lumină albă, să radieze deodată această paletă minunată de culori, care se întinde de la roșu la violet și cuprinde atîtea nuanțe.

CURIOSUS : Te pomenești, Ignotus, că nu știi că lumina albă se compune chiar din toate aceste culori care, luate separat, alcătuiesc curcubeul ?

IGNOTUS : N-am știut. Dar nu văd de ce se produce această separare.

CURIOSUS : Cu două secole în urmă, celebrul matematician, fizician și astronom englez Isaac Newton a reușit să descompună lumina albă în culorile componente, trecînd-o printr-o prismă de sticlă. Culoarea se schimbă odată cu lungimea de undă a



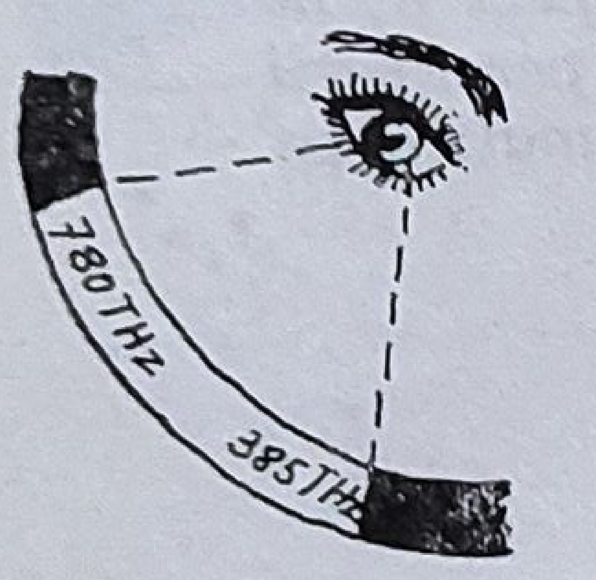
luminii, iar indicele de refracție, adică unghiul cu care este deviată o rază atunci cind trece dintr-un mediu în altul, variază și el în funcție de lungimea de undă.

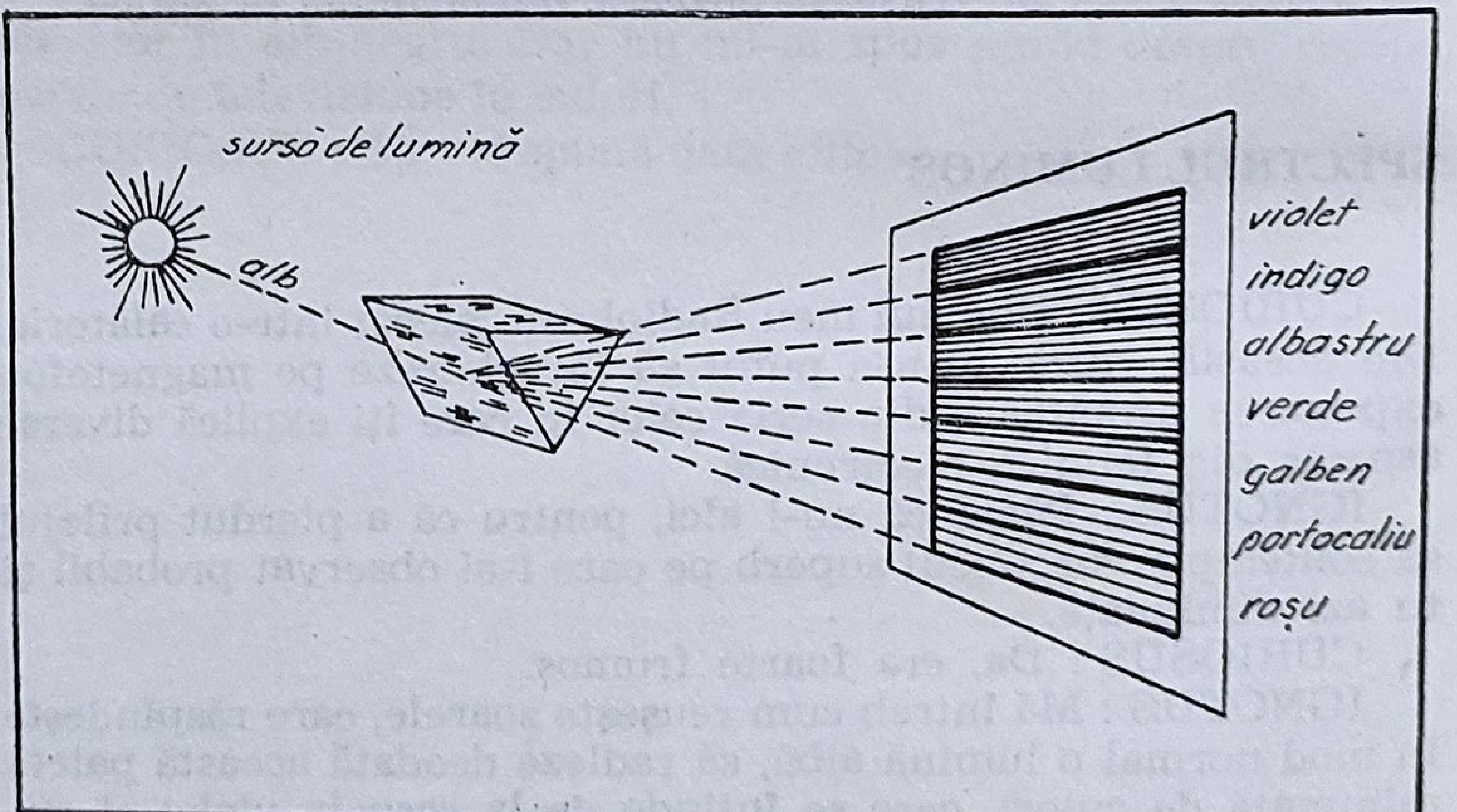
Iată de ce, trecînd lumina albă printr-o prismă, împrăștiem culorile componente și obținem un spectru alcătuit din culori care variază continuu.

IGNOTUS : Bine, dar pe desenul tău sînt șapte culori diferite : violet, indigo, albastru, verde, galben, portocaliu și roșu.

CURIOSUS : Aceste denumiri corespund, fiecare, unei game de nuanțe și nu unei culori definite printr-o lungime de undă unică.

Lumina vizibilă este cuprinsă între lungimile de undă de 380 și 780 nanometri, adică miliardimi de metru. Aceste limite corespund unor frecvențe care se întind de la 790 la 385 de terahertzi. Îți amintesc că prefixul „tera“ are semnificația un milion de milioane.





Trecînd prin prismă, lumina albă se descompune într-un spectru continuu de culori.

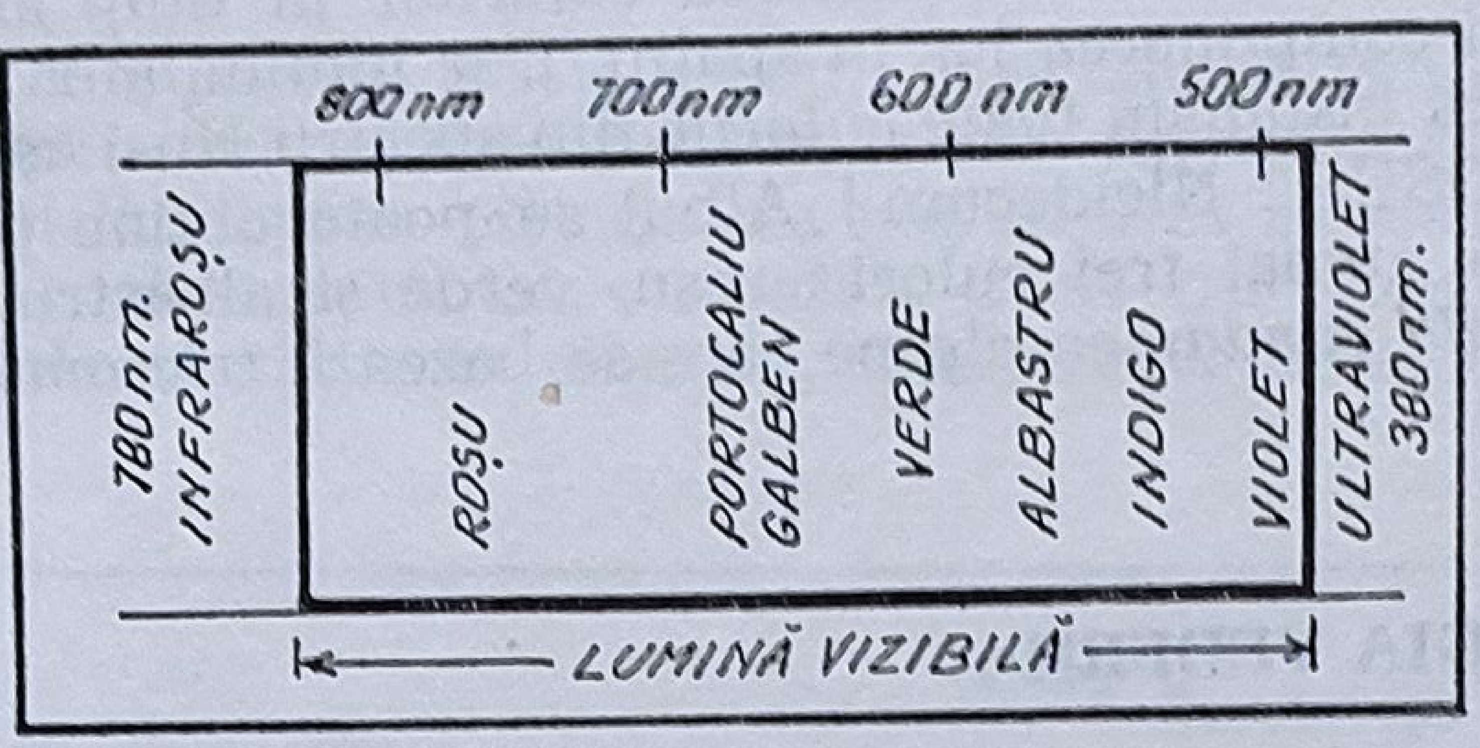
IGNOTUS : Deci ochiul omului nu vede decît o bandă îngustă de unde electromagnetice numite unde luminoase, în care frecvența maximă nu e nici măcar de două ori mai mare decît frecvența minimă.

CURIOSUS : Așa e Ignotus. Lungimile de undă mai mari decît cea corespunzătoare culorii roșii corespund razelor infraroșii care ca și razele ultraviolete, ale căror lungimi de undă



sînt mai mici decît lungimea de undă a radiaţiilor violete, sînt invizibile pentru noi.

Din fericire există celule fotoelectrice sensibile la aceste radiaţii pe care noi nu le vedem.



Lungimile de undă ale diferitelor culori din spectru, în nanometri.

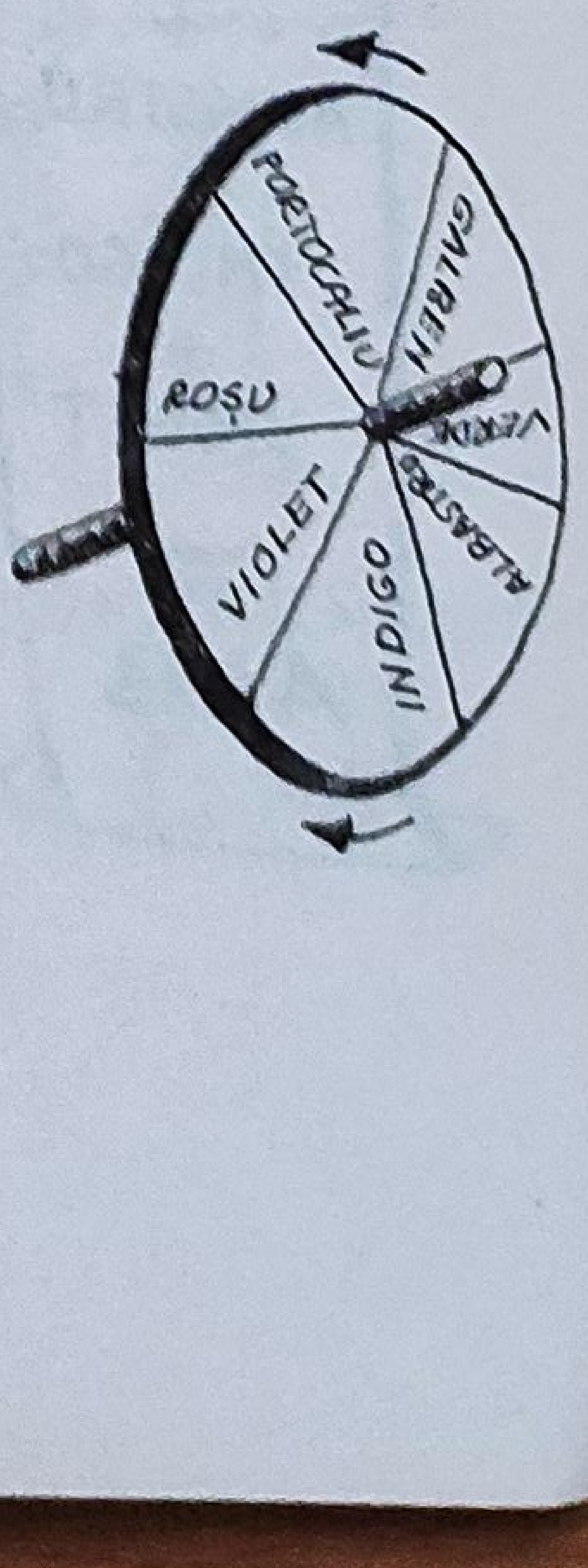
IGNOTUS : Mă tot gîndesc la curcubeu. Oare curcubeul s-a format cu ajutorul unei prisme care se găseşte în partea superioară a atmosferei ?

CURIOSUS : Evident că nu. Dar probabil că a existat un nor format din picături minuscule în care razele de lumină au fost supuse unei duble refracţii, ceea ce a determinat dispersia diferitelor culori după lungimea de undă.

IGNOTUS : Deci culoarea albă nu există pentru că ea este compusă în realitate dintr-o gamă întreagă de culori. Şi cum în fizică fenomenele sînt adesea reversibile, îmi închipui că privind printr-o prismă de sticlă o imagine care reprezintă tot spectrul cuprins între roşu şi violet, vom avea impresia că vedem o suprafaţă albă.

CURIOSUS : Felicitări, Ignotus ! Ipoteza ta este justă şi n-am întîlnit-o expusă în nici o carte de fizică. Deci este cu totul originală.

IGNOTUS : Vrei să mă flatezi... N-a avut nimeni ideea să experimenteze compunerea diferitelor culori pentru a obţine albul ?



CURIOSUS : Ba da ! Începînd cu Newton care s-a distrat colorînd un disc în şapte culori repartizate în şapte sectoare. Rotit repede discul părea alb. De ce ? Pentru că, datorită persistenţei senzaţiei vizuale, culorile ne apar suprapuse şi crează impresia unei lumini albe.

COMPUNEREA CULORILOR

IGNOTUS : Deci, compunerea culorilor în timp are acelaşi efect ca şi compunerea lor în spaţiu. Dar lumina albă se obţine numai dacă însumăm toate culorile din spectru Nu-i aşa ?

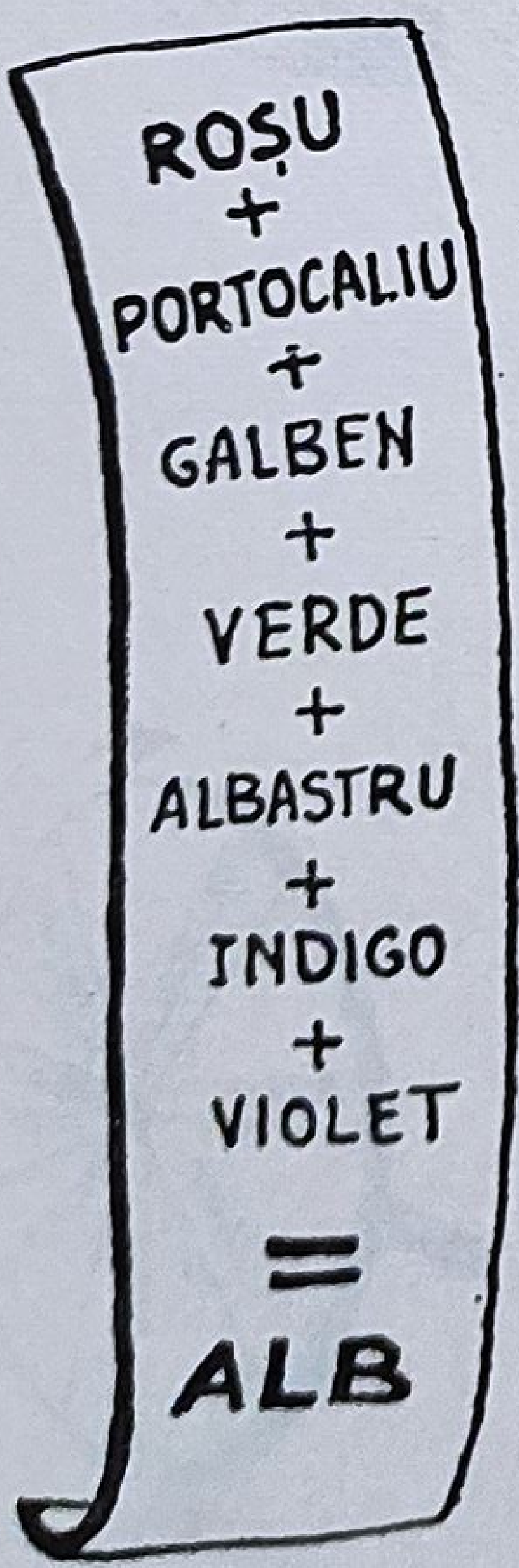
CURIOSUS : Nicidecum ! Albul se poate obţine prin compunerea a numai trei culori : roşu, verde şi albastru. Acestea sînt *culorile fundamentale* pe care se bazează *tricromia* vederii în culori.

FIZIOLOGIA VEDERII

IGNOTUS : Te rog să-mi explici acest fenomen.

CURIOSUS : Întîi aş vrea să-ţi dau unele amănunte despre diversele aspecte fiziologice ale vederii.

După cum ştii, ochiul omului seamănă cu un aparat de fotografiat. Cristalinul îndeplineşte rolul obiectivului cu distanţă focală variabilă. Convexitatea sa variază în funcţie de distanţa la care se află obiectul, asigurînd focalizarea imaginii proiectate pe suprafaţa fotosensibilă care este retina.



IGNOTUS : După tot ce mi-ai povestit despre indicele de refracţie care variază în funcţie de culoarea razelor care trec dintr-un mediu în altul, mă întreb dacă funcţionarea cristalinului nu este imperfectă, căci o lentilă se comportă la fel ca o prismă şi razele violete vor fi deviate de cristalin mai mult decît razele roşii.

Prin urmare, dacă imaginea este colorată, proiecţia ei nu se va afla în întregime în planul retinei. Părţile violete şi albastre vor fi mai în faţă, iar părţile roşii mai în spate. Numai partea verde, care se află la mijlocul spectrului se va găsi în planul retinei.

CURIOSUS : Mărturisesc că logica perfectă a raţionamentului tău, mă copleşeşte. Ochiul omenesc are într-adevăr defectul numit *aberaţie cromatică* pe care tu l-ai dedus prin raţionament. Din această cauză, ochiul distinge mai greu detaliile colorate.

IGNOTUS : Spuneai că retina este o suprafaţă fotosensibilă. Cine îi conferă sensibilitatea la lumină ?

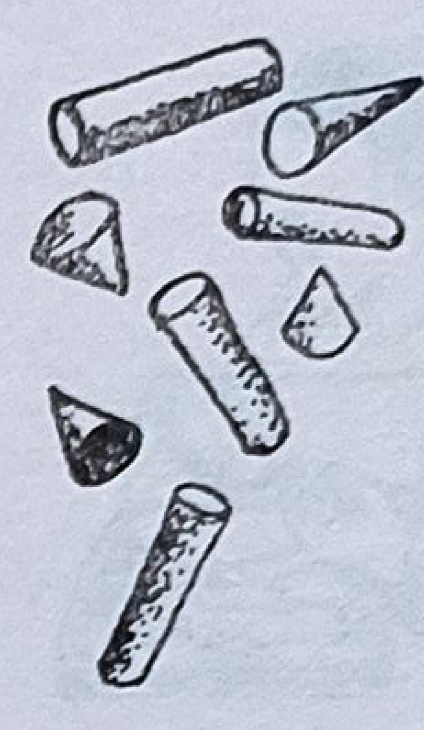
CURIOSUS : Retina este acoperită cu două tipuri de celule fotosensibile, unele în formă de *conuri*, altele în formă de *bastonaşe*. Conurile sînt sensibile la culoare. Pe retină sînt cam

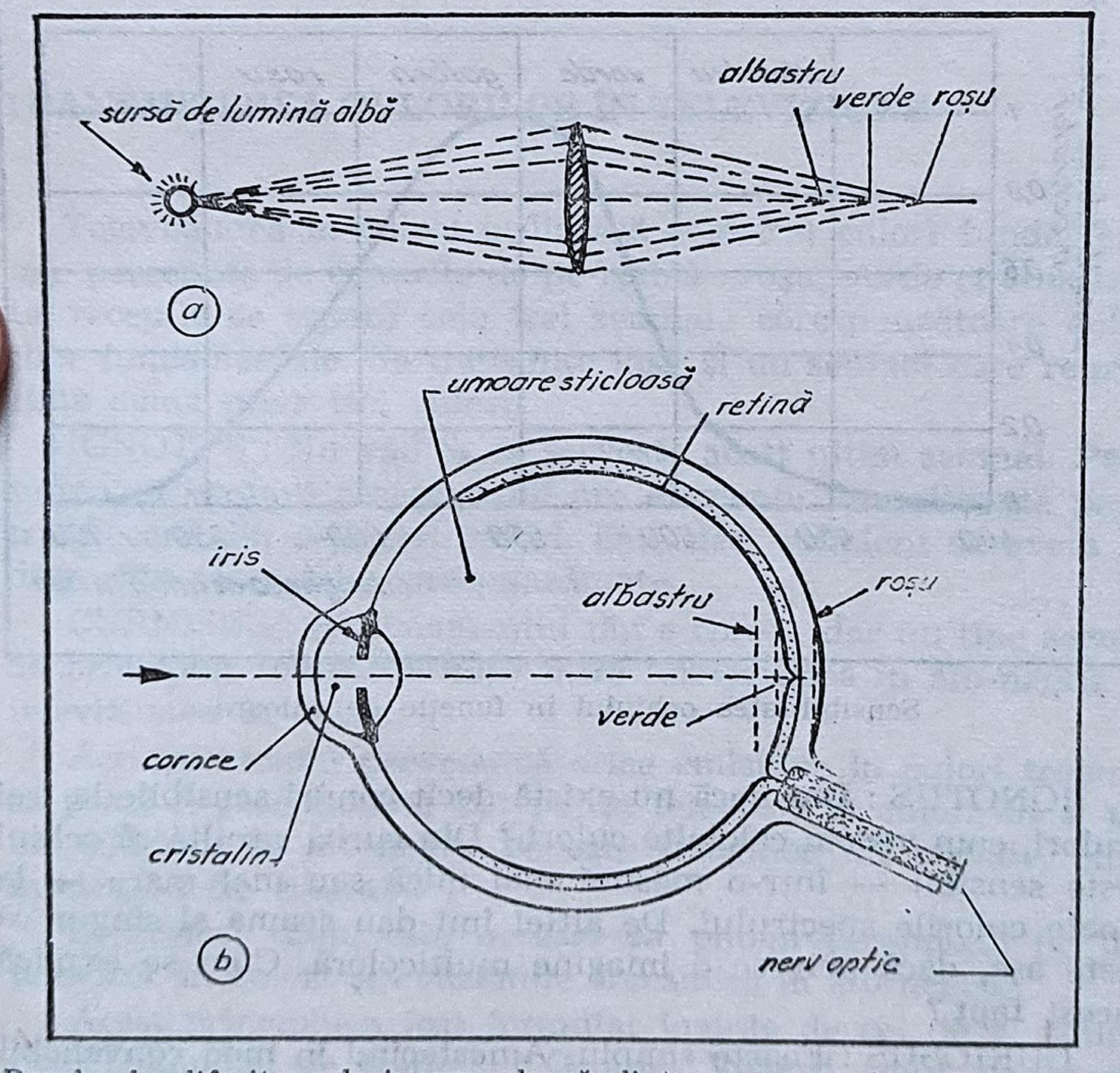
6 milioane de conuri situate, în cea mai mare parte, în zona ei centrală.

Bastonașele sînt de zeci de mii de ori mai sensibile decît conurile, dar sesizează numai intensitatea razelor de lumină, fără a deosebi culorile. Numărul lor este de aproximativ 120 de milioane.

IGNOTUS : Cred că există o mare varietate de conuri, pentru a asigura recunoașterea fiecărei culori din spectru.

CURIOSUS : Așa se presupunea mai demult că stau lucrurile. Dar s-a descoperit că nu există decît trei categorii de conuri : unele sensibile la albastru, altele la verde și ultimele la roșu.





Razele de diferite culori care pleacă dintr-un punct dat, sînt concentrate, după ce traversează o lentilă, în focare mai mult sau mai puțin depărtate, în funcție de frecvența lor *(a)*.
În *(b)* secțiune prin ochi. Cristalinul joacă rolul lentilei. Imaginea unui obiect multicolor se formează în mai multe planuri : dacă suprafețele verzi ajung, datorită culorii cristalinului, în planul retinei, zonele albastre sînt mai în față, iar cele verzi mai în spate





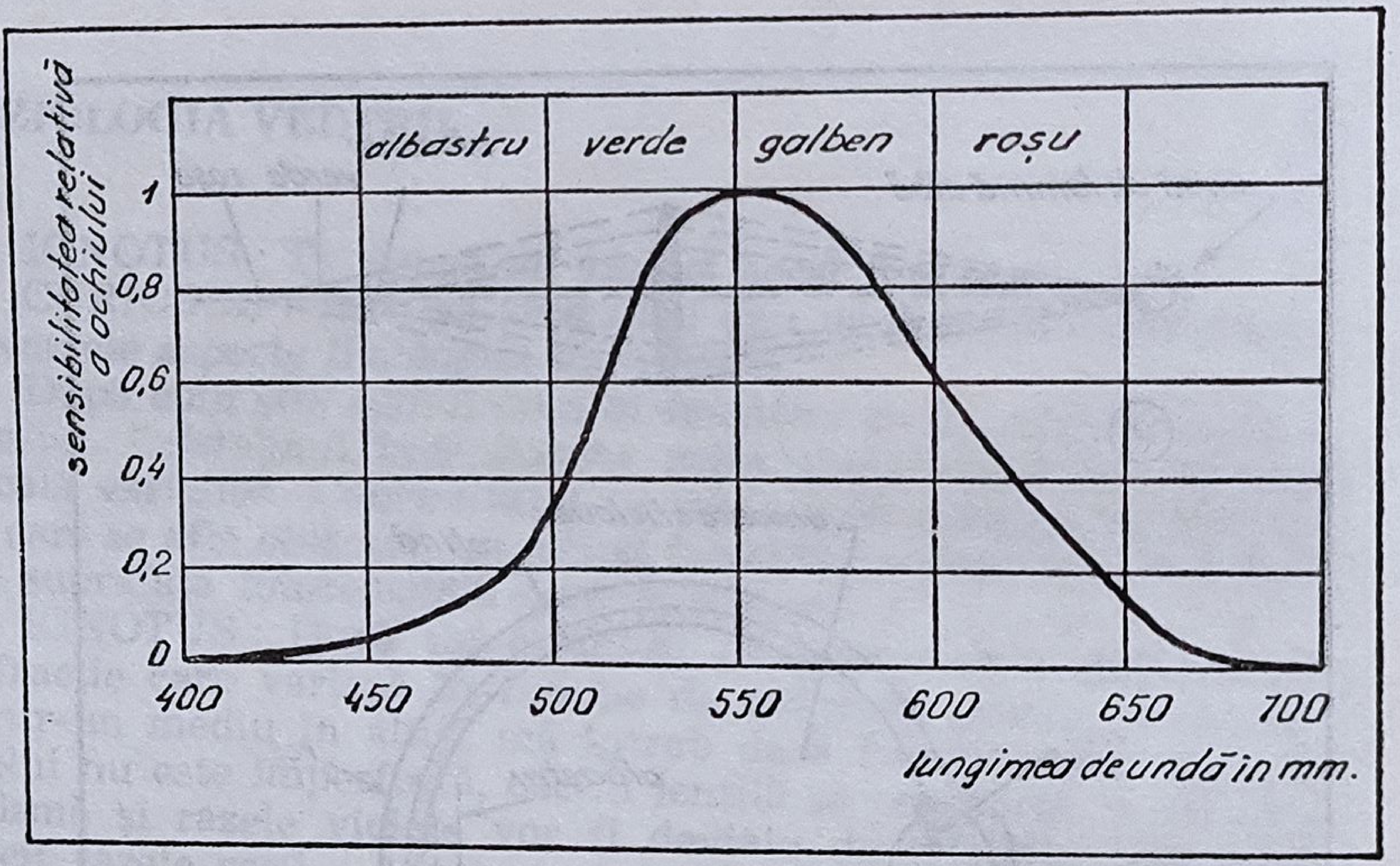


ROȘU + VERDE + ALBASTRU = ALB

PERCEPEREA CULORILOR

IGNOTUS : Aceasta trebuie să fie tricromia de care aminteai la început.

CURIOSUS : Evident. Conurile care captează razele verzi sînt cele mai sensibile. Cel mai puţin sensibile sînt conurile „albastre". Iată cum arată curba sensibilităţii la culoare a ochiului omenesc.



Sensibilitatea ochiului în funcţie de culoare.

IGNOTUS : Dar dacă nu există decît conuri sensibile la trei culori, cum vedem celelalte culori ? Din curbă rezultă că ochiul este sensibil — într-o măsură mai mică sau mai mare — la toate culorile spectrului. De altfel îmi dau seama şi singur că este aşa, dacă privesc o imagine multicoloră. Cum se explică acest fapt ?

CURIOSUS : Foarte simplu. Amestecînd în mod convenabil cele trei culori fundamentale, roşul, verdele şi albastrul se obţine toată gama culorilor vizibile. Iată cîteva exemple prezentate în formă aritmetică :

Roşu + Verde = Galben
Roşu + Albastru = Purpuriu

Verde + Albastru = Indigo
Roșu + Verde + Albastru = Alb



Prin dozarea intensității fiecărei culori fundamentale, se pot obține culori mai intense sau mai palide.

IGNOTUS : Acum înțeleg cum se reproduc în tipografie figurile colorate. Examinînd cu lupa o imagine dintr-o revistă, am constatat că în afară de negru, se mai folosesc la imprimare trei culori : roșu, galben și albastru. În afară de galben, celelalte sînt culori fundamentale.

CURIOSUS : Așa este, dar în acest sistem de imprimare verdele se obține prin suprapunerea culorilor galben și roșu.

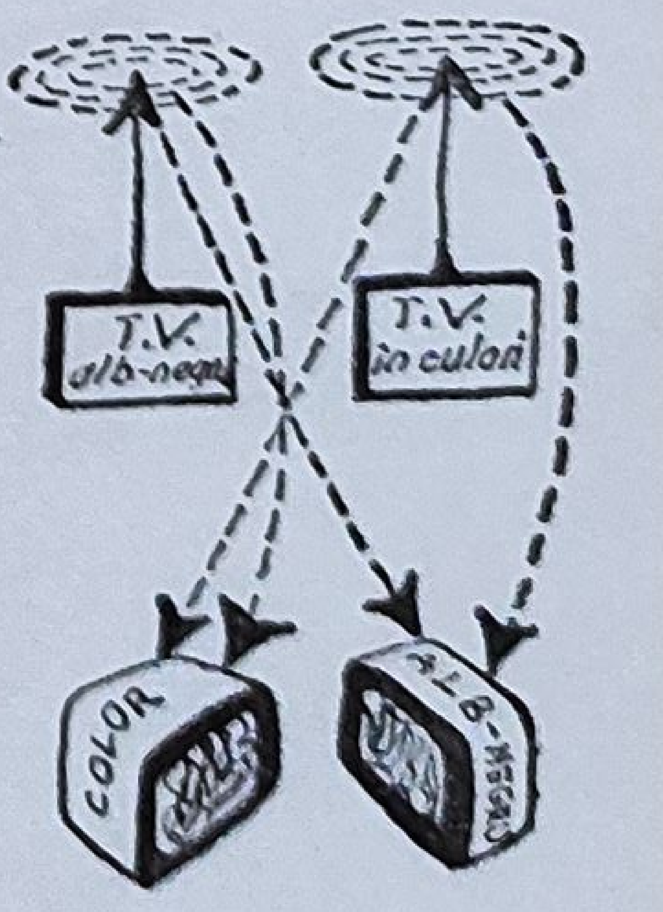
TRANSMITEREA CULORILOR ÎN TELEVIZIUNE

Televiziunea în culori utilizează cele trei culori fundamentale percepute de conurile de pe retină : roșu, verde și albastru. La recepție se separă cele trei semnale corespunzătoare culorilor fundamentale. Se transmite însă și un semnal care reprezintă suma celor trei culori.

IGNOTUS : Nu văd la ce servește acest ultim semnal. Presupun că ecranul receptorului are elemente luminiscente pentru fiecare din cele trei culori. Este deci suficient să avem la dispoziție semnalele corespunzătoare.

CURIOSUS : Raționamentul tău e corect, dar nu ține seamă de *principiul compatibilității* între televiziunea în alb-negru și televiziunea în culori.

Acest principiu prevede că orice emisiune în culori trebuie să poată fi recepționată atît pe un televizor în culori cît și pe un televizor în alb-negru pe care imaginea nu trebuie, bine înțeles, să fie colorată.



În același timp, este necesar să putem recepționa pe un televizor în culori și emisiunile transmise în alb-negru.

Acest principiu a fost formulat înainte de cel de al doilea război mondial de francezul Georges Valensi, unul din marii pionieri ai televiziunii. Tot el a stabilit o soluție care permite să se satisfacă aceste condiții. Pe această soluție se bazează astăzi toate sistemele moderne de televiziune în culori : la emisie sînt redate atît cele trei culori fundamentale cît și un *semnal de luminanță*, identic cu semnalul video din televiziunea

fără culori. El poate fi deci transformat în imagine, de televizoarele obişnuite în alb-negru.

IGNOTUS : E foarte utilă, această compatibilitate. Dar ea complică lucrurile pentru că ne obligă să transmitem patru semnale : cele trei culori şi luminanţa.

CURIOSUS : Şi totuşi reuşim să transmitem imaginea doar cu ajutorul a trei semnale. Îi rezerv unchiului meu plăcerea de a-ţi descrie metoda folosită.

Profesorul Radiol expune principiile

Emisia programelor de televiziune în culori

Cum poate fi transmisă întreaga gamă a culorilor din spectru, respectînd intensitatea fiecărei culori? Această problemă complicată este rezolvată prin aplicarea principiului tricromiei. În acelaşi timp, emisiunea trebuie să fie compatibilă pentru ca să poată fi recepţionată pe televizoarele în alb-negru. Pentru acest motiv este necesar ca unda să fie modulată cu semnalul de luminanţă. Toate aceste chestiuni sînt examinate în continuare.

Cred, dragă Ignotus, că după ultima ta convorbire cu nepotul meu Curiosus, te-ai gîndit la problema pe care ţi-a pus-o la sfîrşitul discuţiei voastre: cum se pot transmite, cu ajutorul a trei semnale, patru parametri — luminanţa şi cele trei culori fundamentale?

LUMINANŢA = SUMA CROMINANŢELOR

Probabil că ai găsit pînă la urmă o soluţie care constă în obţinerea luminanţei prin însumarea celor trei culori fundamentale. Dacă vom suprapune o rază roşie, una verde şi una albastră, dozînd intensitatea lor în funcţie de sensibilitatea ochiului faţă de fiecare din aceste culori, vom obţine o lumină albă.

Să notăm cu Y luminanţa şi cu R, V, A cele trei culori primare care au următoarele lungimi de undă:

R (roşu): 700 nanometri
V (verde): 546,1 nanometri
A (albastru): 435,8 nanometri

Dacă vei urmări curba sensibilității cromatice a ochiului omenesc și vei măsura valoarea care corespunde fiecărei culori fundamentale, vei constata că dacă vom considera sensibilitatea pentru verde egală cu *1*, vom obține pentru roșu *0,5*, iar pentru albastru *0,2*.

Ești destul de tare la aritmetică pentru ca să aduni cele trei sensibilități.

$$1 + 0{,}5 + 0{,}2 = 1{,}7$$

Să calculăm acum contribuția fiecăreia din cele trei valori la total :

Pentru verde vom împărți *1* la *1,7* și vom obține *0,59*

Pentru roșu :

$$0{,}5 : 1{,}7 = 0{,}30$$

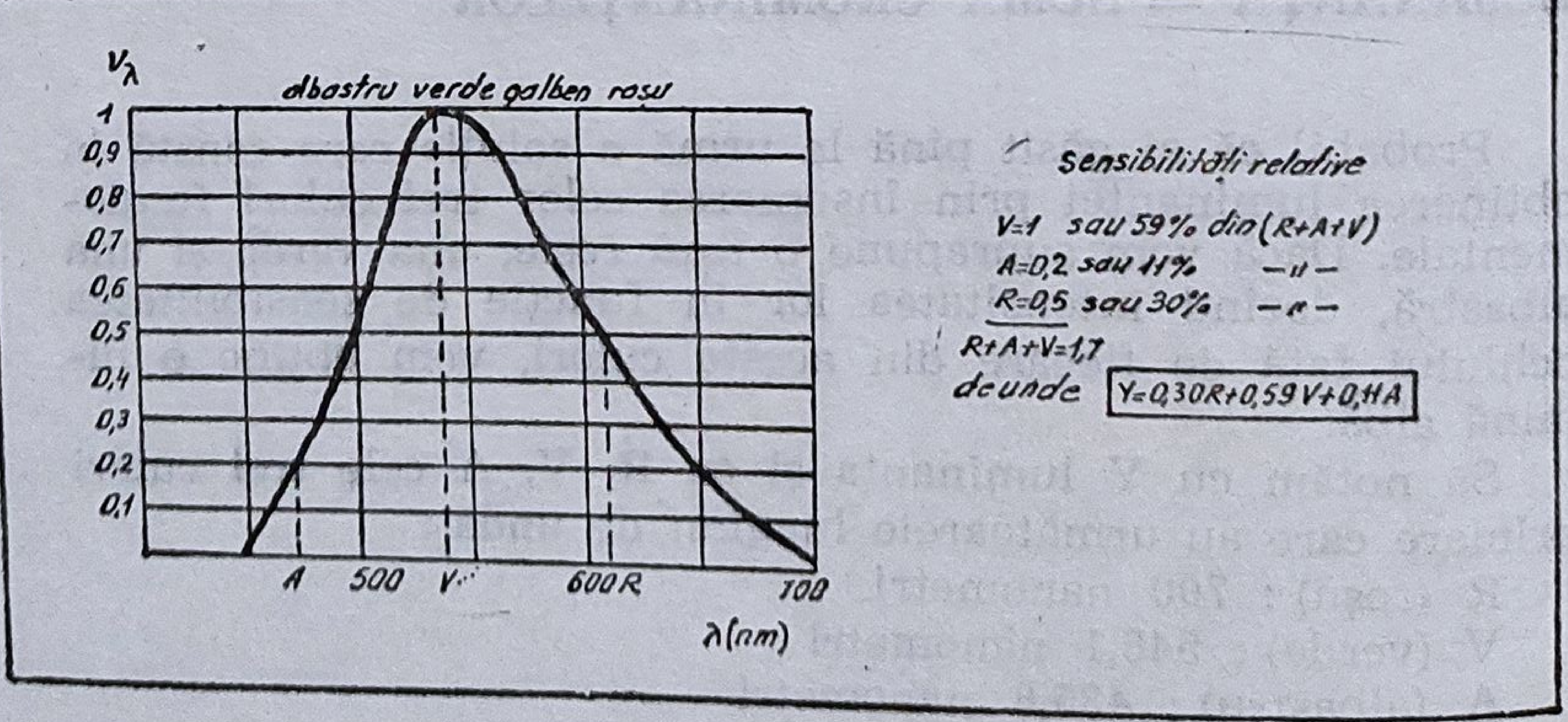
Pentru albastru :

$$0{,}2 : 1{,}7 = 0{,}11$$

Dacă vrem să obținem o luminanță Y care să corespundă sensibilității la culori a ochiului, trebuie să însumăm cele trei culori fundamentale, dozîndu-le astfel încît fiecare să apară în proporția rezultată din calculul nostru. Iată formula adoptată de toate sistemele de televiziune :

$$\mathrm{Y} = 0{,}30\ \mathrm{R} + 0{,}59\ \mathrm{V} + 0{,}11\ \mathrm{A}.$$

Dacă vei transmite cele trei culori în această proporție, la recepție se vor obține aceleași culori și aceeași strălucire ca în cazul în care am privi direct imaginea de transmis.



Dacă intensitățile celor trei culori fundamentale sînt identice, însumarea lor în proporțiile din formulă va avea ca rezultat lumina albă. Dar dacă valorile R, V și A nu sînt egale, obținem diferite culori în funcție de dozajul culorilor fundamentale.

SEMNALELE CE SE TRANSMIT ÎN TELEVIZIUNEA ÎN CULORI

Cred că ai ajuns la concluzia că ipoteza ta e corectă, că în televiziunea în culori se transmit R, V și A și că luminanța corectă se obține prin dozarea culorilor după formula pe care ți-am arătat-o.

Ei bine, regret că te dezamăgesc, dar nu se procedează așa, pentru că un televizor în alb-negru nu va putea să reproducă imaginile transmise sub această formă. El nu conține circuite care să-i permită să dozeze și să însumeze după formula noastră semnalele R, V și A pentru a obține luminanța Y, singura pe care o poate reda televizorul.

Pentru a se asigura compatibilitatea, în toate sistemele de televiziune în culori, se transmite luminanța Y și numai două semnale, corespunzătoare culorilor fundamentale roșu și albastru. Mai exact se transmit semnalele numite *diferență de culoare*: (R—Y) și (A—Y).

Transmițîndu-se luminanța Y, imaginile sînt recepționate cu ușurință de televizoarele în alb-negru. Cum reușesc însă receptoarele color să redea cele trei culori, pentru că, la prima vedere, verdele nu este transmis?

Cele trei semnale recepționate sînt:

$$Y, (R - Y) \text{ și } (A - Y)$$

Pentru a obține semnalele roșu și albastru este suficient să adăugăm semnalul de luminanță la fiecare din semnalele diferență de culoare:

$$(R - Y) + Y = R$$
$$(A - Y) + Y = A$$

Cum se obține însă V? Să mai folosim puțin matematica.

Întrucît avem acum, în afară de Y, valorile R și A, îl putem deduce pe V din formula:

$$Y = 0{,}30\ R + 0{,}59\ V + 0{,}11\ A$$

din care rezultă :

$$0{,}59\ V = Y - 0{,}30\ R - 0{,}11\ A$$

Împărţind ambii membri cu 0,59 obţinem :

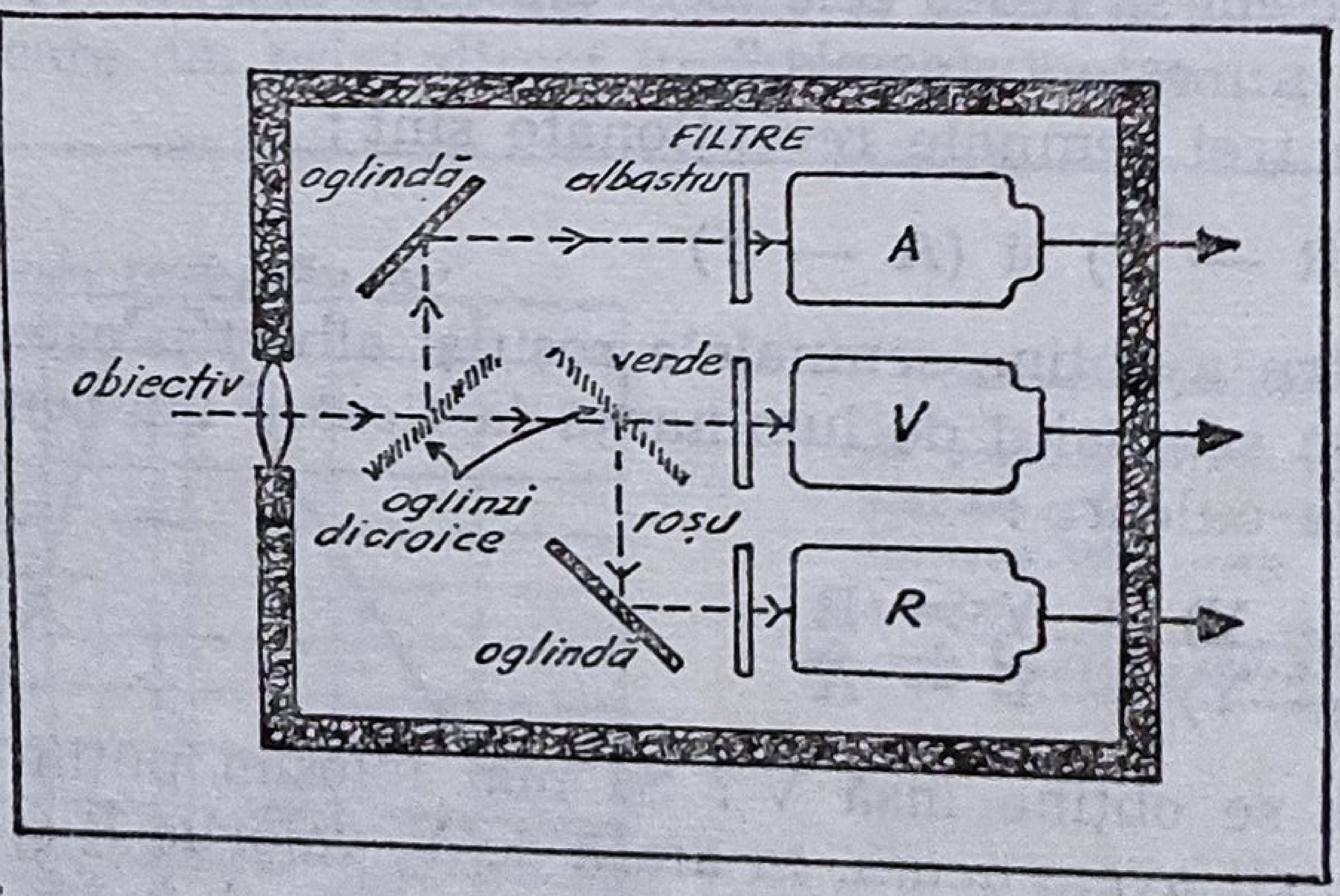
$$V = 1{,}7\ Y - 0{,}51\ R - 0{,}19\ A$$

Constaţi deci că prin transmiterea luminanţei Y şi a semnalelor diferenţă de culoare (R — Y) şi (A — Y) se poate reconstitui a treia culoare fundamentală V. Aceste sarcini complicate sînt îndeplinite de circuitele de *decodare* care există în receptoarele de televiziune în culori.

CAMERA DE TELEVIZIUNE ÎN CULORI

Să vedem acum, cum se transformă imaginea în semnalele corespunzătoare celor trei culori fundamentale R, V şi A şi în semnalul de luminanţă Y. Nu este necesar să obţinem separat acest ultim semnal, pentru că el poate fi realizat cu ajutorul primelor trei, amestecate în proporţia de care ţi-am vorbit.

Pentru a transforma fiecare din cele trei culori fundamentale într-un semnal electric, trebuie să folosim unul din tuburile analizoare pe care le cunoşti. În faţa fiecărui tub vom pune un filtru, adică o placă de sticlă colorată în roşu, în verde sau în albastru.



În camera de televiziune în culori, oglinzile trimit imaginea la trei tuburi, prin nişte filtre care corespund celor trei culori primare.

Bineînţeles că imaginea transmisă de cele trei tuburi trebuie să vină de la un singur obiectiv. Cum este posibil acest lucru ?

Obiectivul proiectează imaginea pe o primă *oglindă dicroică* înclinată la 45° faţă de axul lui. Ştii ce este, o oglindă dicroică ? O placă de sticlă semitransparentă. Ea lasă să treacă jumătate din razele de lumină şi reflectă cealaltă jumătate.

Razele reflectate ajung la o oglindă obişnuită care le trimite către primul tub analizor. Să presupunem că vom pune în faţa acestuia un filtru albastru.

Razele care au străbătut oglinda dicroică, întîlnesc în cale încă o oglindă dicroică care le separă din nou în două părţi : partea reflectată ajunge la o oglindă obişnuită care o dirijează spre tubul echipat cu filtrul roşu ; o altă parte străbate oglinda şi ajunge la cel de al treilea tub printr-un filtru verde.

Iată cum reuşeşte aceeaşi imagine să ajungă la trei tuburi şi să producă semnalele corespunzătoare celor trei culori fundamentale.

Cea mai mare parte din camerele de televiziune în culori conţin cele trei tuburi pe care vi le-am descris. Există şi camere care folosesc un al patrulea tub, fără filtru, care primeşte şi el imaginea de la acelaşi obiectiv. În acest scop se utilizează încă două oglinzi dintre care una dicroică. Cel de al patrulea tub produce direct semnalul de luminanţă.

În mod normal însă, semnalul Y se obţine amestecînd *0,30* R + *0,59* V + *0,11* A, cu alte cuvinte semnalele celor trei tuburi prevăzute cu filtre, luate în proporţiile necesare.

TRANSMITEREA CELOR TREI SEMNALE

Te întrebi probabil, cum sînt emise cele trei semnale : luminanţa Y şi cele două semnale diferenţă de culoare (R — Y) şi (A—Y) care se obţin punînd în opoziţie cele două componente care se scad.

Prima idee, care îţi va veni cu siguranţă, ar consta în utilizarea a trei unde purtătoare, modulate fiecare cu cîte unul din cele trei semnale. Dar, procedînd astfel am ocupa o bandă foarte largă de frecvenţe, lucru inadmisibil, deoarece de pe acum există o aglomeraţie foarte mare de emiţătoare în benzile de frecvenţe afectate televiziunii. Pe de altă parte, dacă am proceda aşa, ar trebui să triplăm circuitele de intrare şi amplificatoarele IF ale televizoarelor în culori, mărindu-le complexitatea şi preţul.

Cum se transmit deci, cele două semnale diferenţă de culoare ? Cu ajutorul unei *subpurtătoare*. Îţi voi explica despre ce este vorba.

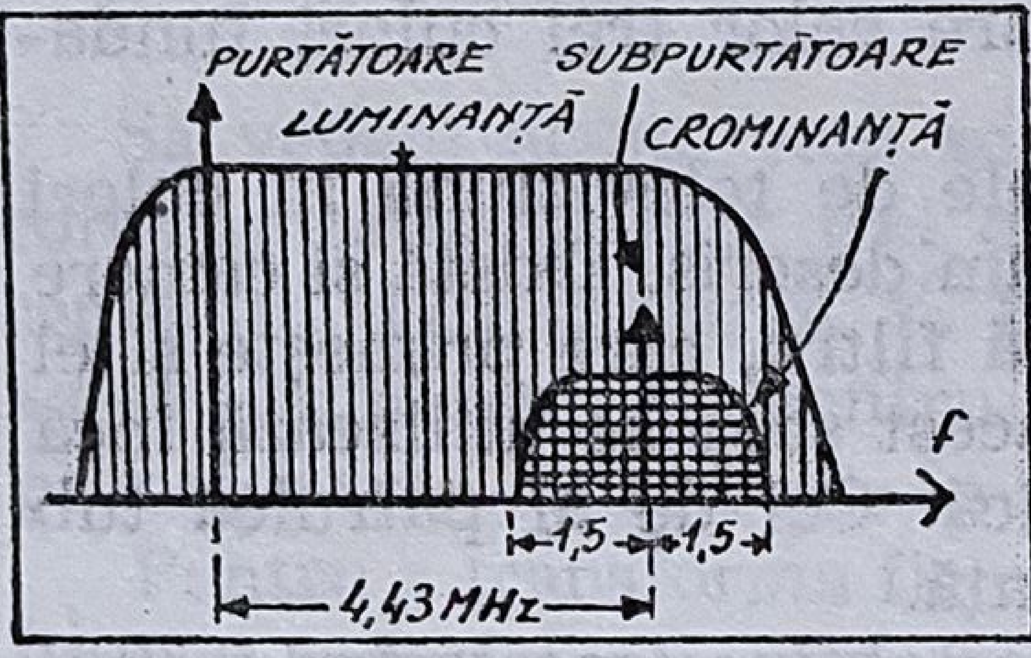
În televiziune, unda purtătoare este de ordinul zecilor şi chiar sutelor de megahertzi. O modulăm în amplitudine cu un semnal de 4,43 MHz. Apar deci două frecvenţe de 4,43 MHz de o parte şi de alta a purtătoarei.

Îţi aminteşti, desigur, că una din cele două benzi laterale este foarte atenuată. Deci subpurtătoarea va exista numai în banda laterală rămasă.

Această valoare de 4,43 MHz este adoptată pentru toate emisiunile europene în culori.

Care este rolul acestei subpurtătoare ? Ea este cea care transmite cele două semnale diferenţă de culoare.

În sistemul american NTSC şi în sistemul german PAL subpurtătoarea este la rîndul ei modulată în amplitudine de semnalele diferenţă de culoare. În sistemul francez SECAM subpurtătoarea este modulată în frecvenţă.



Zonele de frecvenţe ocupate de semnalul care transmite luminanţa şi de semnalele care transmit crominanţa.

Oricare ar fi procedeul de modulaţie, banda ocupată este limitată la 1,5 MHz. Prin urmare, în interiorul acelei zone întinse de frecvenţe care apare în urma modulaţiei purtătoarei de către semnalul de luminanţă, există o porţiune de 2 × 1,5 MHz dispusă simetric în jurul subpurtătoarei.

Acest megahertz şi jumătate înseamnă puţin faţă de banda frecvenţelor video. Suficient însă pentru a transmite culoarea. N-ai uitat desigur că ochiul distinge cu mai puţină precizie, în cazul detaliilor fine, culoarea decît luminanţa. Iar luminanţa este transmisă şi în televiziunea în culori la fel de bine ca şi în alb-negru. Prin urmare, limitarea frecvenţelor în domeniul culorii nu reduce calitatea imaginii care ajunge la telespectator.

N.T.S.C., SECAM, PAL

Cu siguranţă că te întrebi cum poate această subpurtătoare să transporte singură două semnale independente (R — Y) şi (A — Y). Metoda utilizată reprezintă chiar particularitatea prin

care se deosebesc cele trei sisteme de televiziune în culori utilizate azi în lume.

Cel mai vechi este sistemul *NTSC (National Television System Comitee)* realizat de o echipă de ingineri de la firma americană Hazeltine sub conducerea lui Charles Hirsch. Soluţia folosită constă în defazarea celor două semnale modulatoare cu un sfert de perioadă. În acest scop unul din semnale este întîrziat faţă de cel de al doilea.

SECAM inventat în 1956 de Henri de France (numele îi indică destul de clar naţionalitatea) îşi trage numele de la prescurtarea denumirii franceze a principiului său de funcţionare: transmitere *secvenţială a culorilor cu memorie*. Acest procedeu transmite alternativ cele două semnale de culoare. Pe durata unei linii, subpurtătoarea e modulată în frecvenţă de (R — Y), iar în timpul liniei următoare de (A — Y). La recepţie — oricît de extraordinar ţi se va părea — se restabilesc cele două culori pentru fiecare linie.

În sfîrşit sistemul *PAL (Phase Alternation Line)* a fost creat de inginerul german dr. Walter Bruch care l-a pus la punct în 1963 în laboratoarele Telefunken. El constituie într-o oarecare măsură o sinteză a sistemelor NTSC şi SECAM.

Este regretabil că nu s-a adoptat un sistem unic în lume. Dar pentru că ai văzut cît sînt de diferite normele adoptate de diferite ţări pentru televiziunea în alb-negru, cred că nu te mai surprinde existenţa a trei sisteme deosebite pentru televiziunea în culori.

Convorbirea a 19-a

Receptoarele de televiziune în culori

În cursul acestei convorbiri, Curiosus îi explică prietenului său structura și funcționarea tuburilor pe al căror ecran apar imaginile în culori. El explică apoi diversele procedee utilizate pentru a transmite pe o singură subpurtătoare cele două semnale diferență de culoare.

TELEVIZORUL ÎN CULORI CONCEPUT DE IGNOTUS

IGNOTUS : Astăzi, dragă prietene, cred că ne vom inversa rolurile. Aş vrea să-ţi explic eu cum se recepţionează imaginile de televiziune în culori.

CURIOSUS : Ai citit vreo lucrare care tratează acest subiect ?

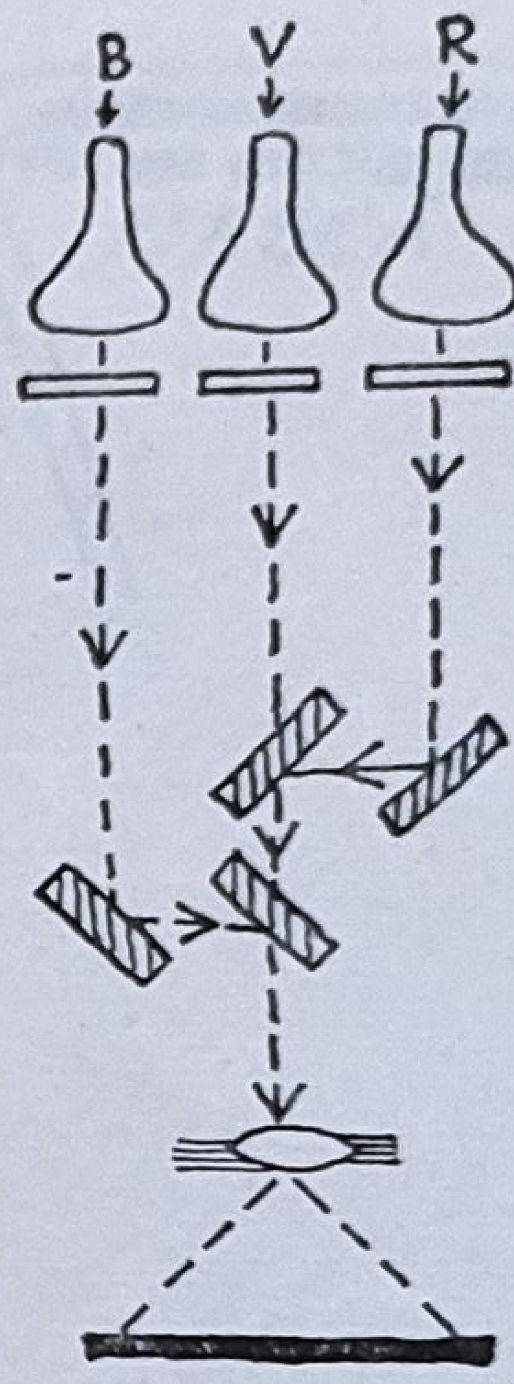
IGNOTUS : Nu. Dar m-am gîndit la explicaţiile pe care mi le-a dat unchiul tău, cu privire la emisiunile de televiziune în culori şi am înţeles cu uşurinţă cum sînt reconstituite imaginile în culori la recepţie.

Şi aici, ca în mai toate domeniile fizicii, putem folosi principiul inversiunii fenomenelor. Receptorul conţine trei cinescoape. Intensitatea fasciculelor electronice şi, prin urmare, iluminarea ecranelor este comandată de semnalele R, V, A obţinute prin decodare şi aplicate pe grilele Wehnelt ale cinescoapelor.



Unul din tuburi va reda în consecinţă, partea roşie a imaginii, cel de al doilea — partea verde, iar ultimul — partea albastră. În faţa fiecărui tub este plasat un filtru pentru trecerea culorii corespunzătoare. Cele trei imagini sînt suprapuse cu ajutorul unor oglinzi obişnuite şi dicroice şi apoi sînt proiectate printr-un obiectiv pe un ecran pe care apare, reprodusă fidel, imaginea colorată.

Structura sistemului de tuburi, filtre şi oglinzi este identică cu cea pe care a desenat-o unchiul tău pentru camera de televiziune în culori. Este suficient să inversăm sensul săgeţilor pentru a obţine reprezentarea sistemului de redare. Am dreptate ?



TUBUL TRICROM CU MASCĂ PERFORATĂ

CURIOSUS : Îmi pare rău că te dezamăgesc, dar un asemenea televizor n-a fost utilizat niciodată în practică. Complexitatea, volumul prea mare şi costul foarte ridicat al aparatului propus de tine, n-ar fi permis să se construiască milioanele de televizoare în culori, existente azi în lume.

În toate aceste televizoare, imaginea este reconstituită cu ajutorul unui singur tub catodic. Cel mai răspîndit tip de cinescop pentru imagini în culori conţine trei tunuri electronice.

IGNOTUS : Recunosc că nu m-am gîndit la această posibilitate. Desigur, fiecare din cele trei tunuri produce cîte una din cele trei imagini specifice tricromiei. Pe grilele Wehnelt ale celor trei tuburi se aplică cîte unul din semnalele R, V şi A. Dar cum se reconstituie fiecare culoare ? Se folosesc cumva filtre speciale ?

CURIOSUS : Nu. Chiar ecranul luminiscent al tubului radiază cele trei culori fundamentale. El este compus dintr-un număr uriaş de puncte luminiscente numite *luminofori*, grupate cîte trei. Fiecare grupă — sau *triadă* — conţine trei luminofori : unul radiază lumină roşie, al doilea — verde, al treilea — albastră.

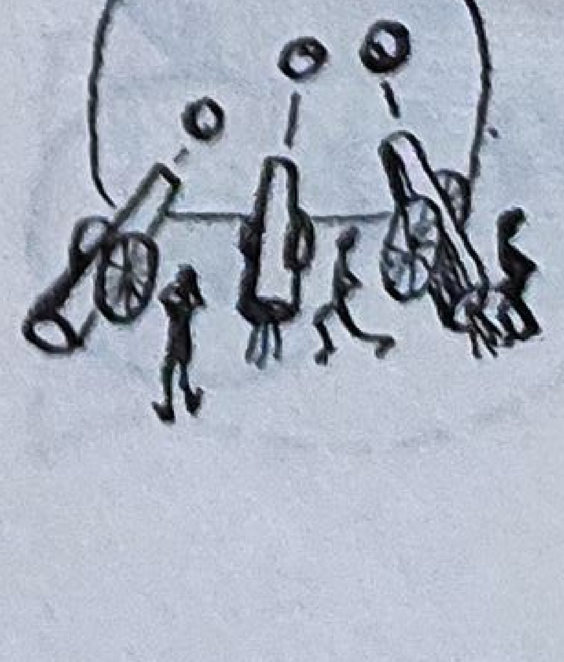
IGNOTUS : Cîte triade sînt pe ecranul tubului ?

CURIOSUS : În jur de 400.000

IGNOTUS : Formidabil ! În aceste condiţii ecranul conţine 1 200 000 de luminofori. Ce diametru are un astfel de element ?

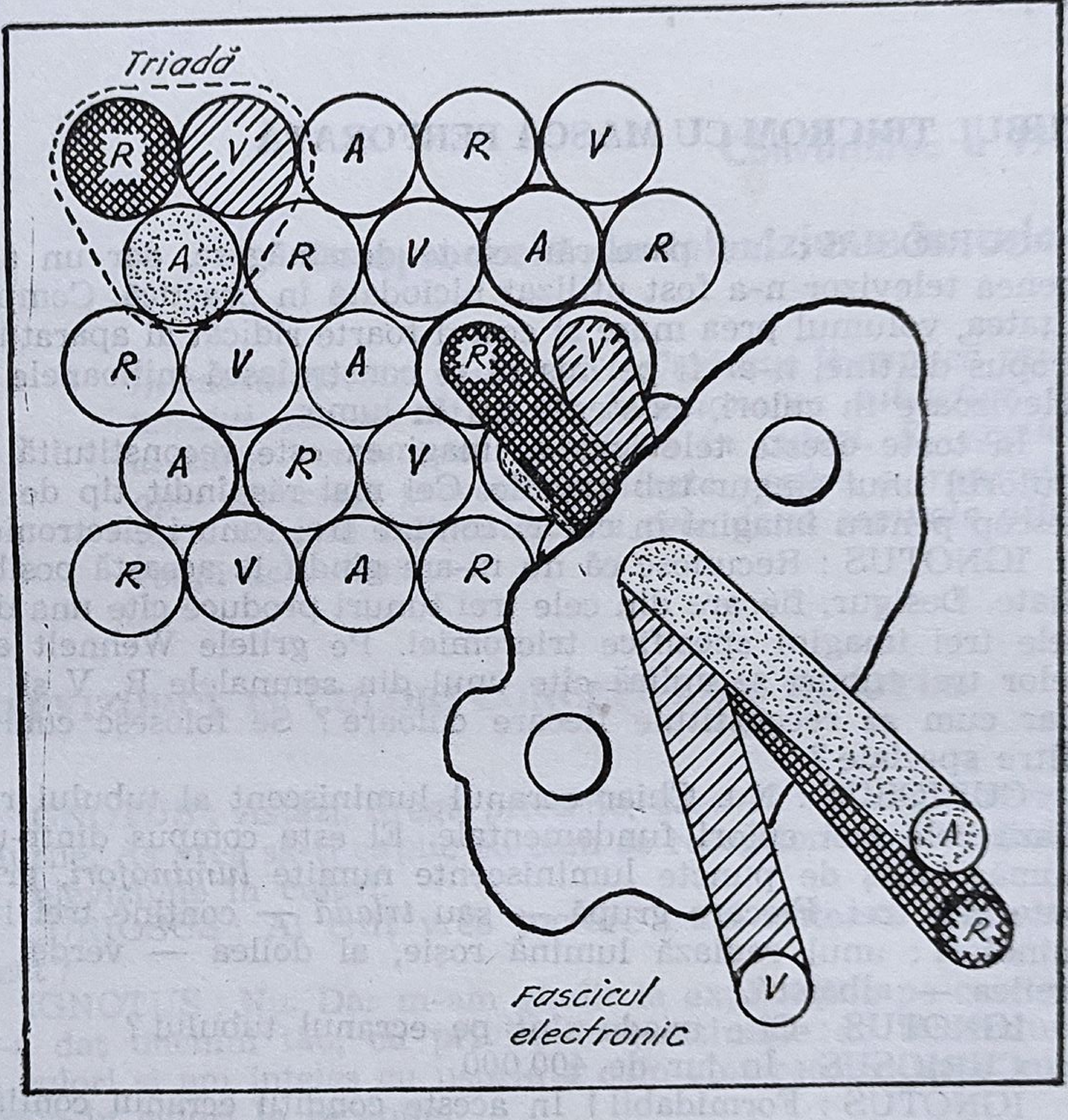
CURIOSUS : Puţin peste 0,4 mm.

IGNOTUS : Cam mic. Cum se realizează proiectarea precisă a fiecărui fascicul electronic pe luminoforul care are culoarea corespunzătoare ? Cu alte cuvinte, vreau să întreb cum se face că toţi luminoforii roşii sînt exploraţi numai de fasciculele de electroni sosiţi de la tunul pe a cărui grilă Wehnelt se aplică semnalul R, cum sînt bombardaţi luminoforii verzi numai de tunul comandat de V şi luminoforii albaştri, numai de tunul la care ajunge semnalul A.

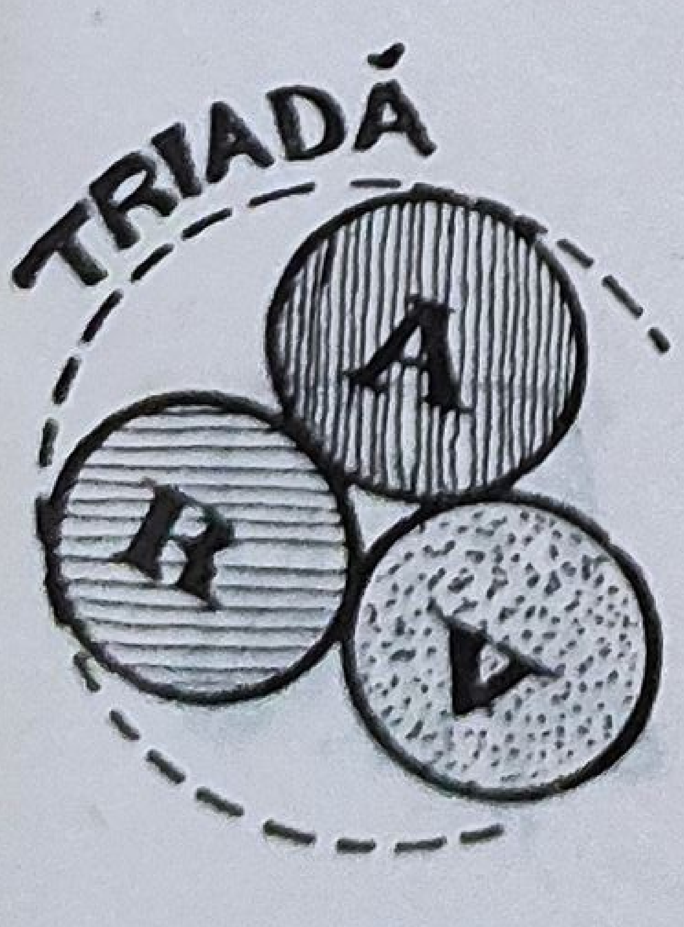


CURIOSUS : La 15 mm în spatele ecranului se pune o placă de oţel numită *mască* în care sînt practicate atîtea perforaţii

cîte triade sînt pe ecran. Fiecare perforaţie are diametrul de un sfert de milimetru şi este plasată în dreptul centrului fiecărei triade.



Traseul celor trei fascicule electronice care ajung pe luminoforii unei triade, traversînd o singură perforaţie a măştii.



IGNOTUS : Cum sînt aşezate cele trei tunuri electronice în tub ?

CURIOSUS : În jurul axului tubului, la egală distanţă unul de altul.

IGNOTUS : Am înţeles. Tunul R (adică tunul pe a cărui grilă Wehnelt se aplică semnalul R) nu „vede" prin perforaţiile măştii decît luminoforii roşii. La fel fasciculul „verde" ajunge numai la luminoforii verzi, iar cel albastru, numai la luminoforii albaştri.

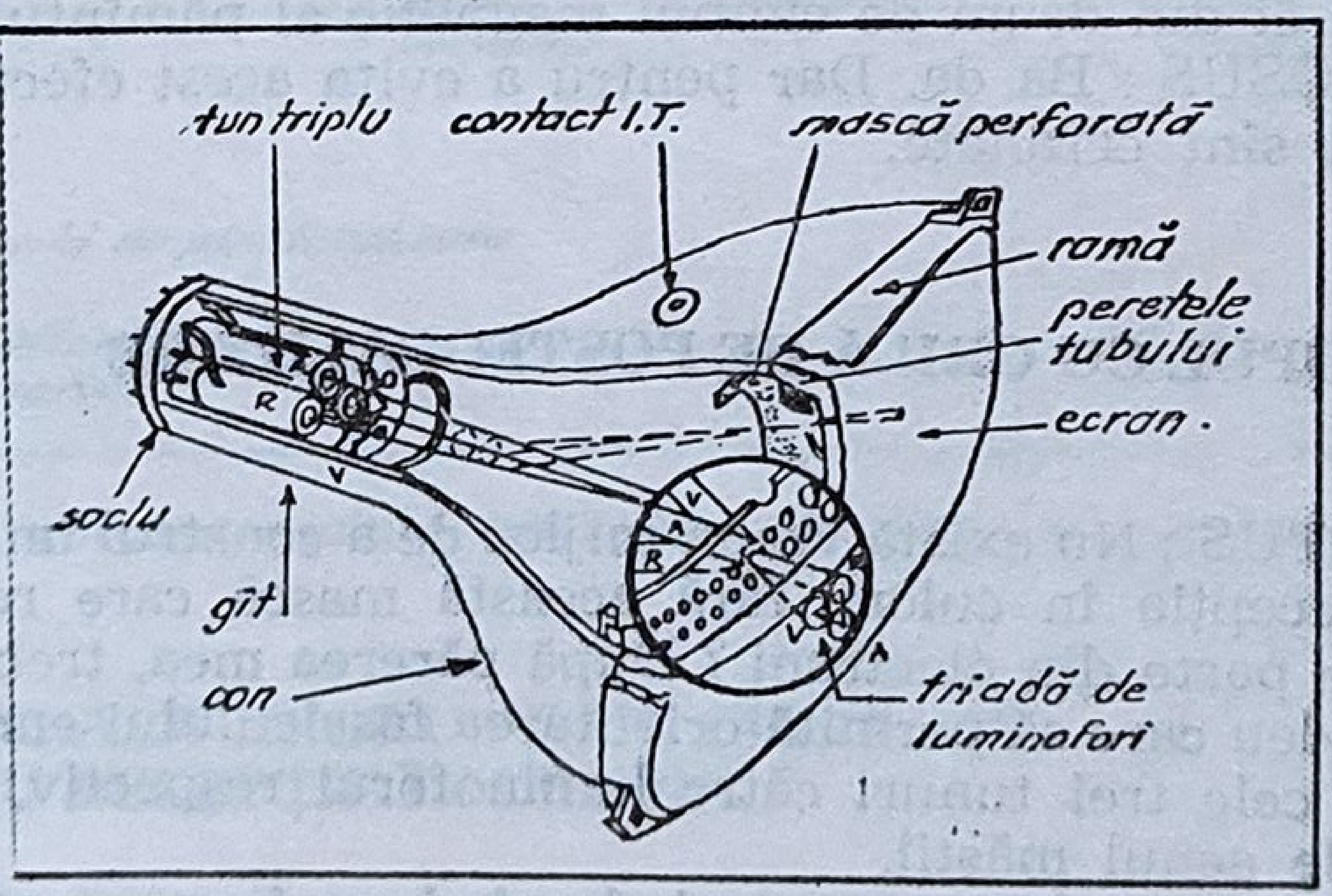


CURIOSUS: Bravo, Ignotus. Ai înţeles foarte bine rolul măştii care realizează legăturile luminoforilor de o anumită culoare numai cu tunul electronic respectiv.

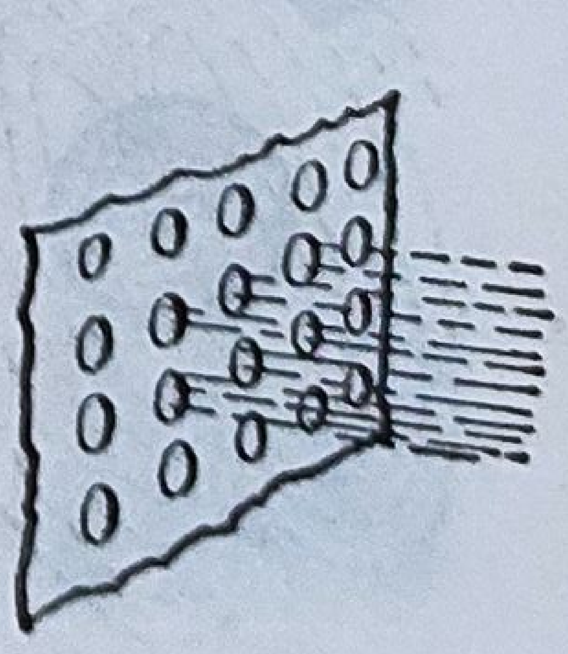
În practică, fiecare fascicul de electroni are un diametru mult mai mare decît perforaţiile; el va trece deci prin mai multe găuri învecinate deodată, ajungînd totuşi numai pe luminoforii de o anumită culoare.

IGNOTUS: În aceste condiţii, cred că o mare parte din electronii fiecărui fascicul nu reuşesc să treacă prin perforaţii şi rămîn pe mască. Am dreptate?

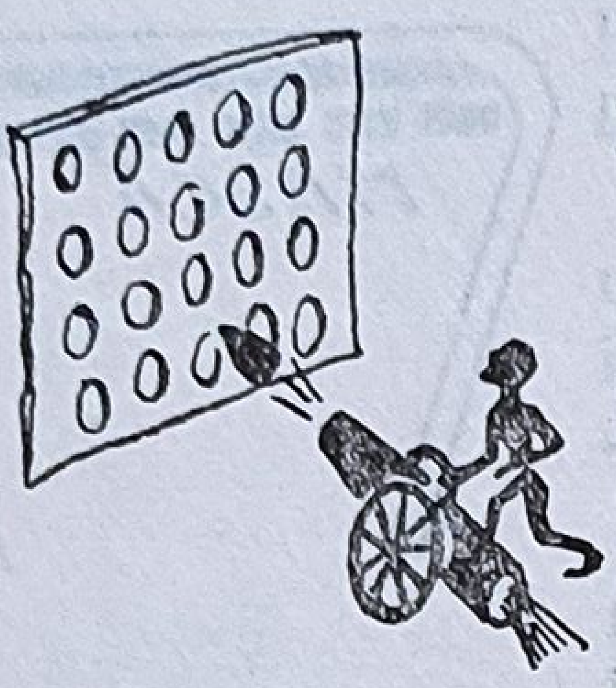
CURIOSUS: Din păcate, da. Acesta este unul din marile inconveniente ale acestui tip de tub. Aproximativ 80% din electroni sînt opriţi de mască. Ciocnindu-se de ea, electronii determină o încălzire şi prin urmare o dilatare a măştii. Cea mai mică deplasare a perforaţiilor poate duce la alternarea culorilor, căci fasciculele riscă să ajungă pe luminoforii care corespund altor semnale. Pentru evitarea acestui pericol se iau o serie de precauţiuni.



Structura unui cinescop tricrom cu mască perforată



Pe de altă parte, faptul că numai o cincime din electronii emişi ajung pe luminofori ar putea duce la o luminozitate scăzută a ecranului. Pentru a mări luminozitatea, se aplică pe anozi tensiuni mult mai mari decît la cinescoapele în alb-negru. Se ating valori de 25.000 de volţi care reuşesc să accelereze suficient electronii pentru a asigura o luminozitate satisfăcătoare.



ÎNALTĂ PRECIZIE

IGNOTUS : Cele trei fascicule explorează, probabil, simultan liniile. Vreau să zic că electronii ajung, prin găurile măştii, în acelaşi timp pe luminoforii respectivi şi că pe ecran apar simultan cele trei culori fundamentale.

CURIOSUS : Exact. Acest fapt permite reconstituirea culorilor, pentru că în ochiul nostru luminoforii învecinaţi se confundă.

IGNOTUS : Precizia pe care o solicită realizarea unui tub cu mască este de-a dreptul formidabilă. Pentru ca fasciculele de electroni, emise de fiecare din cele trei tunuri, să ajungă numai pe luminoforii care au culoarea corespunzătoare, cele 400.000 de găuri şi cele 1.200.000 de puncte luminoase trebuie să fie aşezate cu o precizie extraordinară... Fasciculele trebuie să fie ferite de orice acţiune care ar putea să le devieze. Mă întreb dacă artileria dispune de piese cu tir atît de precis ca tunurile cinescoapelor cu mască. După cîte ştiu, traiectoria proiectilelor este influenţată de gravitaţia terestră. Electronii din fascicule nu sînt deviaţi şi ei din drum de cîmpul magnetic al pămîntului ?

CURIOSUS : Ba da. Dar pentru a evita acest efect tuburile cu mască sînt ecranate.

CINESCOPUL CU GRILĂ DE POSTFOCALIZARE

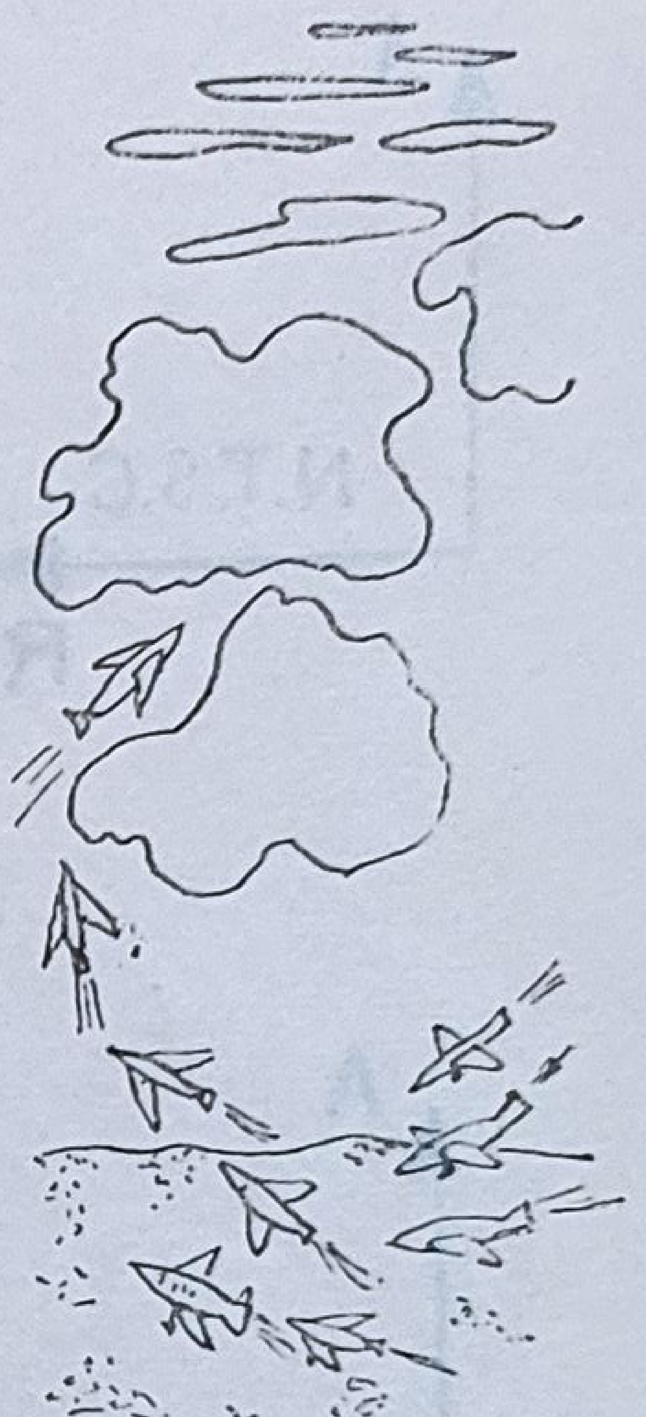
IGNOTUS : Nu există vreun mijloc de a construi un cinescop pentru recepţia în culori, fără această mască care reţine cea mai mare parte din electroni ? După părerea mea, trebuie găsit un procedeu care să permită orientarea fasciculului emis de fiecare din cele trei tunuri către luminoforul respectiv, fără obstacole de genul măştii.



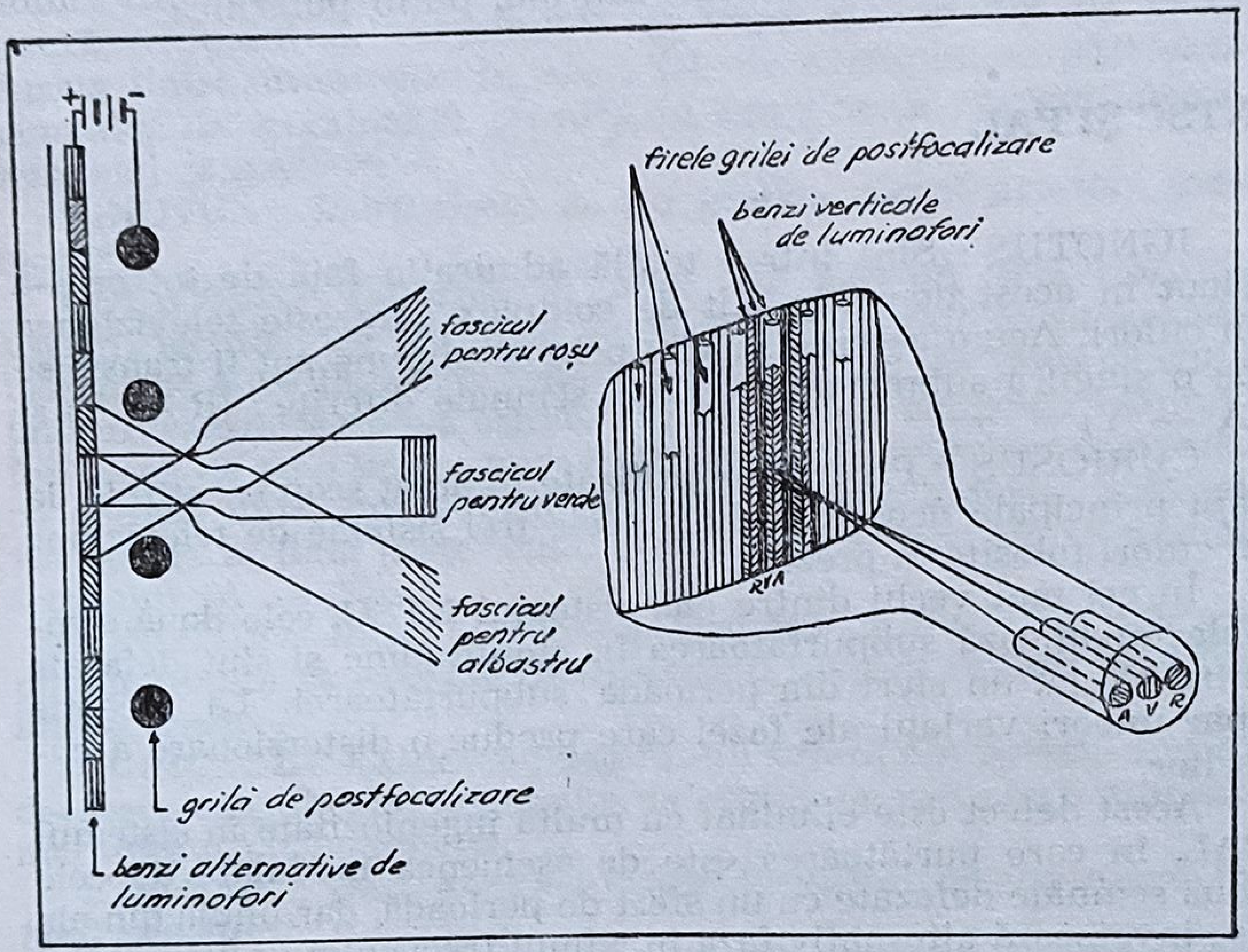
CURIOSUS : Au trecut ani de cînd au început să se facă cercetări orientate în acest sens. Soluţia cea mai bună pare să o ofere cinescopul cu grilă, a cărui experimentare a dus la rezultate pozitive.

În acest tub numit şi *chromatron*, se succed pe toată suprafaţa ecranului benzi foarte fine de luminofori roşii, verzi şi albaştri. În spatele ecranului se află o grilă din fire foarte subţiri, aşezate între benzile albastre şi roşii. Benzile verzi rămîn deci descoperite.

IGNOTUS : Dar aceste fire nu constituie, pentru electroni, un obstacol care îi reţine ca şi masca ?



CURIOSUS : Nu, căci grila este pusă la un potenţial mult mai scăzut decît ecranul, care reuşeşte în acest fel să atragă toţi electronii emişi de cele trei tunuri electronice alăturate. Datorită diferenţei de potenţial faţă de ecran, grila asigură o îmbunătăţire a focalizării fiecăruia din fasciculele dirijate către banda respectivă de luminofor.

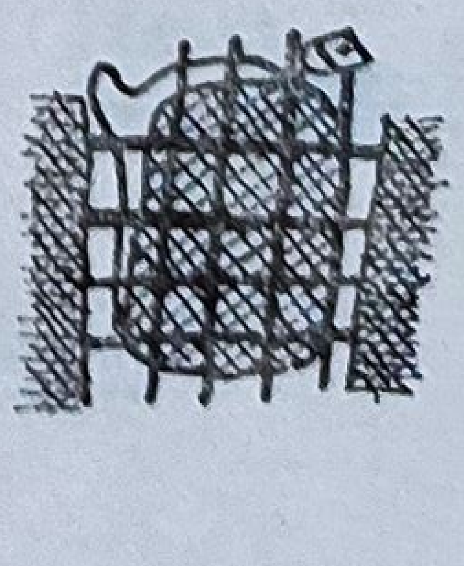


Structura chromatronului ; fasciculele de electroni trec printr-o grilă.

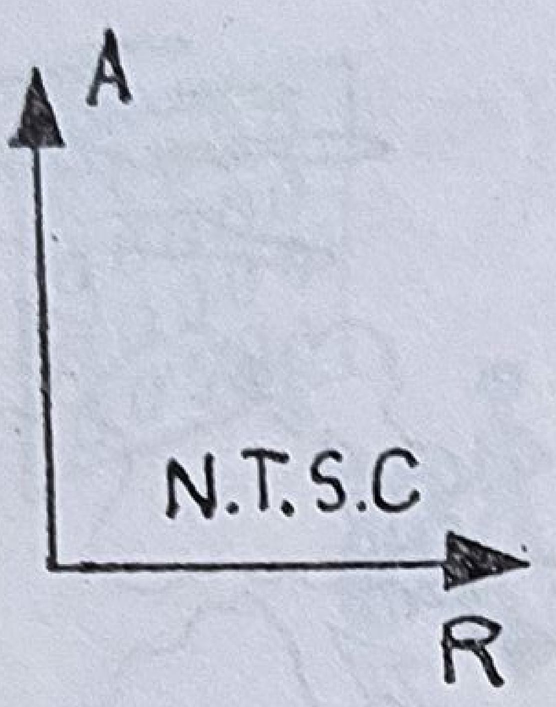
IMAGINI ALB-NEGRU PE UN CINESCOP PENTRU RECEPŢIE ÎN CULORI

IGNOTUS : Nu-i rău sistemul... Desigur că oferă o luminozitate mult mai bună decît tubul cu mască.

Aş vrea să te rog acum să-mi mai explici ceva. Nu mă miră că putem recepţiona emisiuni în culori pe televizoare alb-negru pentru că unda purtătoare este modulată de semnalul de luminanţă Y. Dar cum se asigură cel de al doilea aspect al compatibilităţii, care prevede posibilitatea de a recepţiona pe receptoare pentru televiziune în culori, emisiuni în alb-negru ?



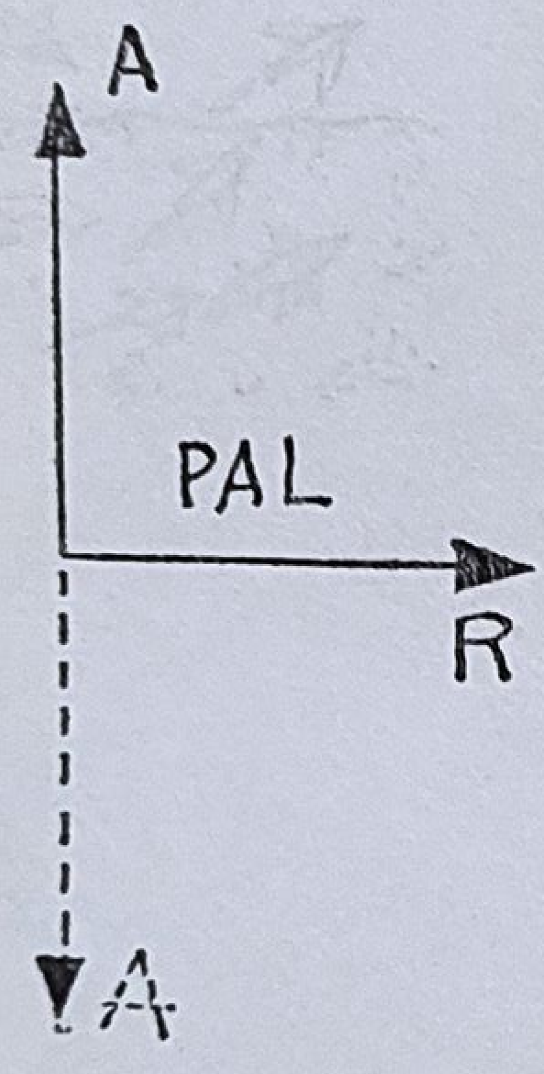
CURIOSUS : Cît se poate de simplu. Acelaşi semnal video se trimite la grilele Wehnelt ale celor trei tunuri electronice.



Înainte de a ajunge la grila respectivă, semnalul trece printr-un circuit care îl reduce în proporţia cerută de culoarea căreia îi corespunde grila.

Deci, luminoforii corespunzători celor trei culori luminează cu intensităţi care respectă relaţia $0{,}30\ R + 0{,}59\ V + 0{,}11\ A$. Cred că n-ai uitat că, în aceste condiţii, suma celor trei culori este o lumină albă, mai mult sau mai puţin puternică.

NTSC ŞI PAL



IGNOTUS : Sînt într-o totală admiraţie faţă de tot ce s-a făcut în acest domeniu atît de complex care este televiziunea în culori. Acum aş vrea să aflu prin ce minune pot fi transmise pe o singură subpurtătoare două semnale diferite : (R — Y) şi (A — Y)

CURIOSUS : Procedeele utilizate în acest scop constituie de fapt principala deosebire dintre cele trei sisteme de televiziune în culori folosite în prezent.

În cel mai vechi dintre ele, sistemul NTSC, cele două semnale modulează subpurtătoarea în amplitudine şi sînt defazate între ele cu un sfert din perioada subpurtătoarei. La recepţie apar uneori variaţii ale fazei care produc o distorsionare a culorilor.

Acest defect este eliminat cu multă ingeniozitate în sistemul PAL, în care purtătoarea este de asemenea modulată de cele două semnale defazate cu un sfert de perioadă, dar unuia din ele i se inversează alternativ faza în ritmul frecvenţei liniilor, astfel încît el este o dată avansat şi o dată întîrziat, faţă de celălalt semnal.

IGNOTUS : Dar sistemul SECAM ce procedeu de defazaj utilizează ?

PRINCIPIUL SISTEMULUI SECAM

CURIOSUS : Niciunul. Acest sistem este complet diferit de celelalte două, care transmit semnalele de culoare simultan ; în SECAM ele sînt transmise alternativ : în timpul unei linii se transmite (R—Y), iar în timpul liniei următoare se transmite (A—Y).

Fiecare din aceste semnale modulează în frecvenţă subpurtătoarea, astfel că distorsiunile de fază şi de amplitudine nu influenţează culoarea imaginii.

IGNOTUS : Nu mi se pare grozavă soluția. Dacă în timpul unei linii, nu se transmite decît unul din cele două semnale de culoare, rezultă că pe ecran va apare o alternanță de linii roșii și albastre. Nu cred că mi-ar place o astfel de imagine.

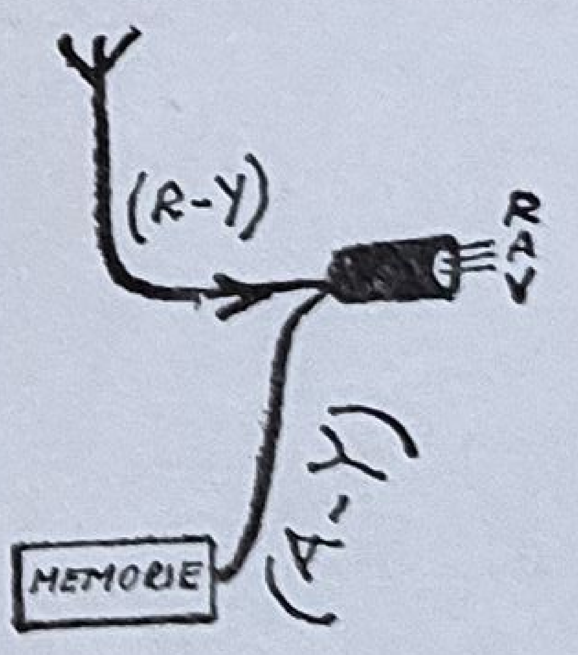
CURIOSUS : Liniștește-te, Ignotus. Pe fiecare linie de pe ecranul receptorului se folosesc toate cele trei tipuri de luminofori. Cum este posibil ? Cu ajutorul unei „memorii" care păstrează semnalul de crominanță al liniei precedente pe toată durata liniei următoare. În acest fel, de exemplu, se păstrează semnalul de crominanță „roșu", în timp ce se recepționează semnalul „albastru".

IGNOTUS : Mărturisesc că nu înțeleg rostul acestei „memorii".

CURIOSUS : Datorită ei apar pe ecranul televizorului variații identice ale cîte unei culori fundamentale (roșu sau albastru) pe două linii explorate succesiv. Astfel, în timp ce emițătorul transmite numai semnalul (R—Y) care comandă luminoforii roșii de pe o linie, „memoria" inclusă în televizor comandă pe aceeași linie, luminoforii albaștri, imprimîndu-le aceleași variații ca în linia precedentă, atunci cînd se recepționa numai semnalul (A — Y).

IGNOTUS : Încep să înțeleg. Dar mă întreb în ce măsură putem admite să avem aceleași variații ale unei culori în două linii succesive.

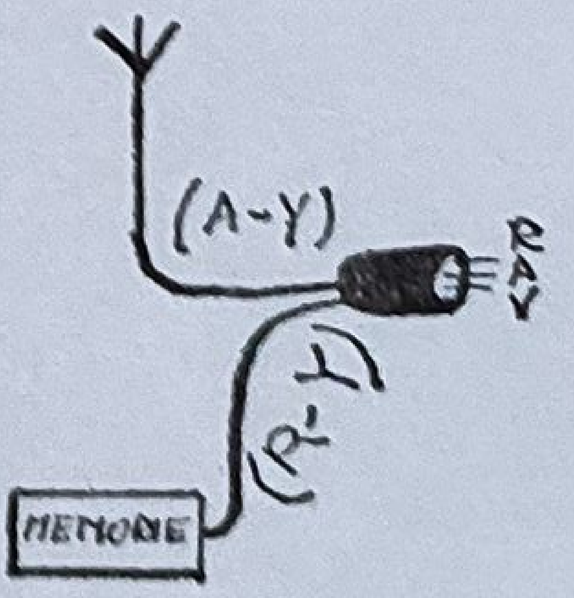
CURIOSUS : Calitatea imaginii nu suferă din această cauză, deoarece culorile sînt percepute de ochiul omenesc cu o precizie mai mică decît luminanța.



IGNOTUS : Deci, dacă am înțeles bine, lucrurile se petrec în felul următor :

În timp ce este emis, semnalul (R—Y) comandă grila Wehnelt a tunului electronic corespunzător. În același timp „memoria" comandă fasciculul care explorează, în aceeași linie, luminoforii albaștri. În timpul liniei următoare, se recepționează semnalul (A—Y) care comandă tunul electronic A. „Memoria" a păstrat însă semnalul (R—Y), astfel că luminoforii roșii au aceeași intensitate luminoasă ca în linia precedentă.

CURIOSUS : Te felicit. Ai înțeles perfect funcționarea „memoriei" în sistemul SECAM.



Se poate spune acum că îți sînt cunoscute, în linii mari, principiile de funcționare ale televiziunii în culori. În realitate, structura studiourilor, emițătoarelor și receptoarelor este mult mai complexă decît cea pe care ți-am expus-o eu schematic. Nu e cazul să intrăm în amănuntele construcției și funcționării lor. Dacă te interesează aceste probleme, îți vei îmbogăți cunoștințele citind lucrări de specialitate.

Profesorul Radiol descrie

Înregistrarea și redarea sunetului și imaginii

Electronica permite să se transforme undele sonore sau luminoase în vibrații mecanice, în variații de luminanță sau în cîmpuri magnetice variabile. Sub această formă, ele pot fi înregistrate, iar prin intermediul transformării inverse pot fi redate sunetele și imaginile păstrate. În continuare sînt expuse diverse procedee de înregistrare și redare.

Pînă acum am studiat numai metodele de transmitere a sunetelor și imaginilor în cele trei dimensiuni ale spațiului. Datorită radioului și televiziunii putem auzi și vedea ce se petrece departe de noi, în alte orașe, în alte țări, în alte continente și chiar pe alte corpuri cerești.

Dar sunetele și imaginile pot fi transmise și în cea de a patra dimensiune : în timp. Este surprinzător să constatăm că problema transmiterii imaginilor în timp a fost rezolvată cu mult înainte de apariția electronicii. Încă în 1829 Niepce și Daguerre au realizat primele fotografii, transmițînd astfel imagini fixe în timp. Cît despre înregistrarea și reproducerea imaginilor în mișcare, ele au fost realizate de frații Lumière, creatorii cinematografului.

TREI TIPURI DE TRANSFORMĂRI

Astăzi există multe procedee care permit să se înregistreze și să se redea sunetul. Fiecare din ele se bazează pe transformarea curentului electric variabil în variații de altă natură, care pot fi păstrate cu ușurință și reconvertite în variații de curent electric.

Prin urmare, curentul pe care îl produce microfonul şi care reprezintă sunetele ce trebuie să fie înregistrate este transformat şi păstrat. El poate fi reprodus pentru a reconstitui, cu ajutorul unor difuzoare sau a unor căşti, sunetele înregistrate.

Care sînt principalele tipuri de transformări utilizate? Transformările mecanice, optice şi magnetice. După cum ştii, Ignotus, curentul variabil se transformă cu uşurinţă în vibraţii mecanice; acesta este principiul difuzorului. Putem transforma de asemenea variaţiile de curent în variaţii de lumină. Şi, cred că nu mai este necesar să-ţi amintesc cum sînt generate cîmpurile magnetice de către curentul electric.

Vom examina, deci, aceste trei sisteme de înregistrare şi de redare a sunetului.

STRĂMOŞII APARATELOR MODERNE DE REDAT DISCURI

Procedeul mecanic de transmitere a sunetelor în timp s-a născut, de fapt, acum aproape un secol, deci înainte de apariţia electronicii. În anul 1878 Edison a inventat fonograful. În acest strămoş al picupului modern, înregistrarea se făcea pe un cilindru acoperit cu un strat subţire de cositor. Cilindrul se rotea, înaintînd, în acelaşi timp, de-a lungul axului său filetat.

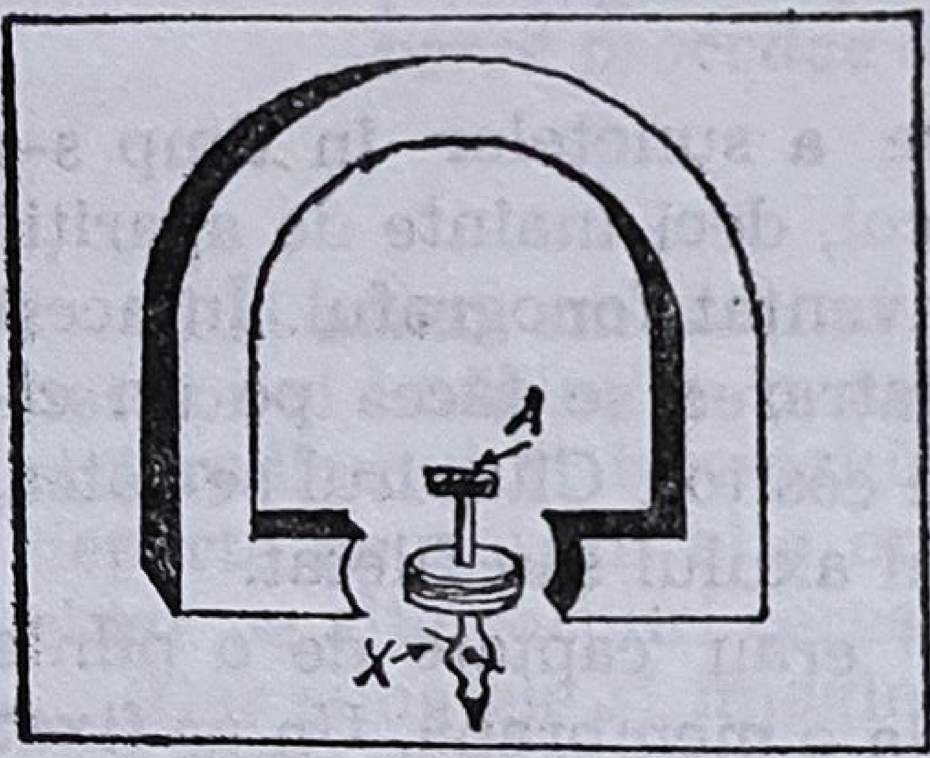
Sunetele ce trebuiau înregistrate erau captate de o pîlnie mare de tablă, la capătul căreia se afla o membrană. Un ac fixat în centrul membranei, care vibra sub acţiunea undelor sonore, apăsa pe cilindru. Vibraţiile trasau pe cositorul de pe cilindru şanţuri de adîncime variabilă. Mişcarea de rotaţie combinată cu mişcarea de translaţie a cilindrului făcea ca traseul şanţurilor pe cilindru să fie o spirală.

Pentru a reda sunetele înregistrate, era necesar să se readucă acul la începutul şanţurilor şi să se reînceapă rotirea cilindrului. Variaţiile de relief produceau vibraţii care, transmise membranei, dădeau naştere undelor sonore. Mai este nevoie să spun că acest sistem nu asigura nici pe departe o înaltă fidelitate?...

Calitatea fonografelor s-a îmbunătăţit cînd cilindrii au fost înlocuiţi cu discuri şi, mai ales cînd, renunţîndu-se la imprimarea în adîncime, s-a recurs la mişcarea laterală a acului, adîncimea şanţului rămînînd constantă. Aceste discuri au fost construite pentru prima dată în 1889 de germanul Emile Berliner, care s-a bazat pe lucrările cercetătorului francez Léon Scott.

ÎNREGISTRAREA DISCURILOR

Dezvoltarea prodigioasă a electronicii a permis discului să devină un excelent mijloc de înregistrare și de redare a sunetului. La înregistrare, curentul generat de un microfon este amplificat și transmis apoi unui dispozitiv de gravare, construit pe baza aceluiași principiu ca și difuzorul. Dispozitivul se compune dintr-un magnet permanent între ai cărui poli se află un electromagnet ce poate vibra în jurul unui ax. În lipsa curentului, un elastic readuce electromagnetul în poziția de repaus. Cînd este străbătut de curentul de microfon, electromagnetul vibrează și acul fixat pe el trasează ondulații în șanțurile discului care se rotește sub mecanismul de gravare.



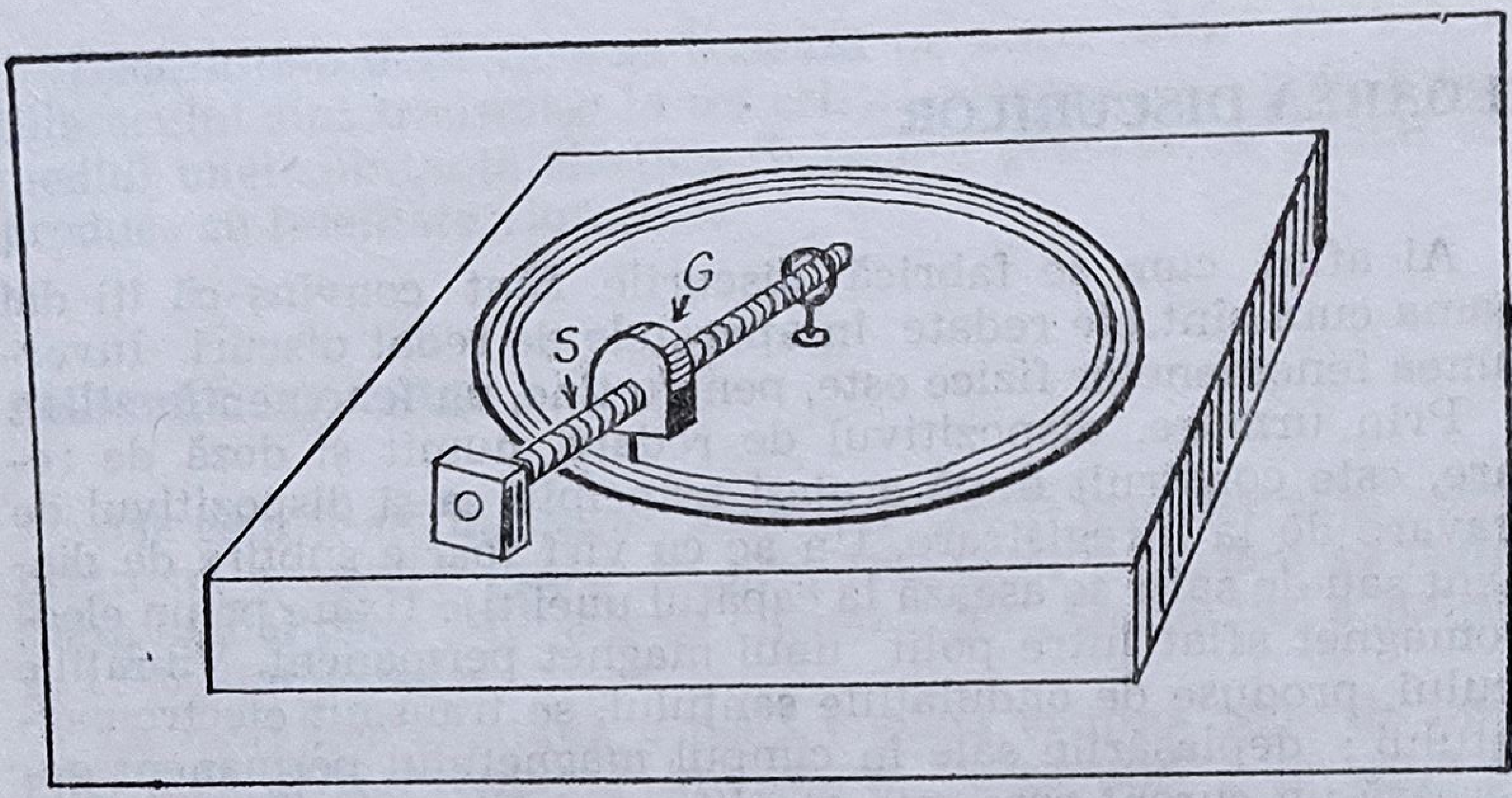
Fixat pe o tijă care poate vibra în jurul axului X și a cărui extremitate superioară este legată de un elastic A, bobinajul se află în cîmpul de acțiune al unui magnet permanent.
Dacă prin bobinaj trece un curent electric care reproduce sunetele, vibrațiile tijei vor asigura înregistrarea discului cu ajutorul acului fixat la capătul inferior al tijei.
Procedeul este reversibil. Dacă tija este silită să vibreze prin rotirea unui disc pe care presează acul din capătul ei, în bobinaj ia naștere semnalul electric corespunzător.

Acul este fixat pe un șurub fără sfîrșit, care îl deplasează încet către centrul discului. Discul pe care se face înregistrarea este o placă de metal acoperită cu un strat de ceară. Placa se învîrtește cu 33 1/2 rotații pe minut. Această viteză se folosește pentru discurile mari, cu diametrul de 30 cm. Discurile mai mici au o viteză de 45 de rotații pe minut. Discurile vechi se înregistrau cu 78 de rotații pe minut.

Durata de redare a unui disc cu 33 1/2 rotații pe minut este de aproximativ o jumătate de oră. Aceasta înseamnă că pe disc sînt trasate o mie de șanțuri distanțate între ele cu mai puțin de o zecime de milimetru.

În gravarea în suprafață a discurilor, numărul de ondulații pe unitatea de lungime determină frecvența sunetului, iar amplitudinea lor depinde de intensitatea sunetului.

Cred că îți dai seama și singur că ondulațiile corespunzătoare sunetelor de aceeași frecvență sînt cu atît mai strînse, cu



Antrenat de şurubul fără sfîrşit S, acul de gravare G se deplasează de-a lungul razei unui disc intact de ceară.

cît diametrul şanţului e mai mic. Şi totuşi, pe discurile actuale se înregistrează frecvenţe de 15.000 de Hz chiar pe şanţurile cele mai apropiate de centru.

FABRICAREA DISCURILOR

Acesta este modul de efectuare a înregistrării. Te întrebi probabil, cum se fabrică, pornind de la discul pe care se face înregistrarea, milioanele de discuri care se vînd publicului. În acest scop se face întîi o copie în cupru. Discul înregistrat se acoperă cu un strat subţire de praf de grafit (care este bun conducător de electricitate) şi se introduce într-o baie care conţine o soluţie de sulfat de cupru. În faţa discului se pune o placă de cupru.

Aplicînd o tensiune continuă între discul legat la polul negativ şi placa de cupru conectată la polul pozitiv, se produce procesul numit *galvanoplastie :* din placă ies atomi de cupru, care se depun pe disc după o serie de reacţii electrochimice complexe.

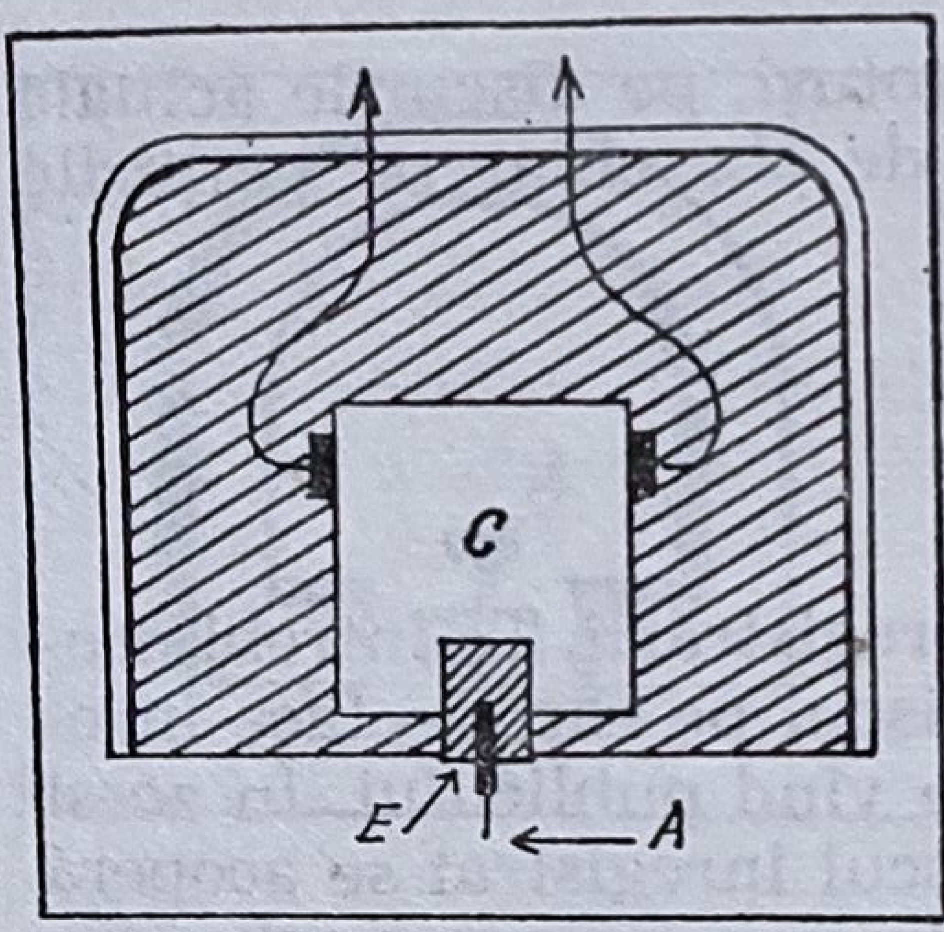
În acest fel se obţine o copie inversă a discului numită „negativ". Prin acelaşi procedeu al galvanoplastiei, plecînd de la această copie, se realizează o alta, de această dată pozitivă, adică similară cu discul original. Pe baza acestei copii pozitive se realizează alte copii negative care vor servi ca matriţe pentru fabricarea discurilor destinate publicului.

Acestea se obţin presînd plăci de policlorură de vinil pe discurile matriţă, încălzite pînă la o temperatură suficient de ridicată pentru a înmuia plăcile, pe care se imprimă astfel şanţuri identice cu cele de pe discul original.

REDAREA DISCURILOR

Ai aflat cum se fabrică discurile. Sînt convins că îţi dai seama cum sînt ele redate în aparatele de redat discuri. Inversiunea fenomenelor fizice este, pentru tine, un fenomen familiar.

Prin urmare, dispozitivul de redare, numit şi doză de redare, este construit după acelaşi principiu ca şi dispozitivul de gravare de la înregistrare. Un ac cu vîrf foarte subţire de diamant sau de safir se aşează la capătul unei tije fixate pe un electromagnet aflat între polii unui magnet permanent. Vibraţiile acului, produse de ondulaţiile şanţului, se transmit electromagnetului ; deplasările sale în cîmpul magnetului permanent generează un curent care este amplificat şi trimis în difuzor pentru a reproduce sunetele înregistrate.



Doză piezoelectrică în care cristalul C primeşte vibraţiile acului A prin substanţa elastică E.

Doza este fixată la extremitatea unui braţ care se poate roti cu uşurinţă în jurul unui ax. În timpul redării, antrenat fiind de parcurgerea şanţurilor, acul se deplasează de-a lungul razei discului.

Apăsarea pe care o exercită doza pe disc trebuie să fie foarte mică pentru a evita uzarea discului. Pentru ca presiunea să fie de două pînă la cinci grame, braţul este susţinut de un resort sau echilibrat de o greutate aşezată la extremitatea opusă dozei.

Trebuie să ştii, Ignotus, că în locul dozelor electromagnetice se folosesc adesea dispozitive piezoelectrice. Ele se bazează pe fenomenul de piezoelectricitate descoperit de Pierre Curie. Anumite cristale, cum sînt cele de cuarţ sau de titanat de plumb, vibrează dacă li se aplică tensiuni electrice variabile. Şi invers, dacă cristalele sînt supuse unei vibraţii, pe faţetele lor apar tensiunile electrice corespunzătoare.

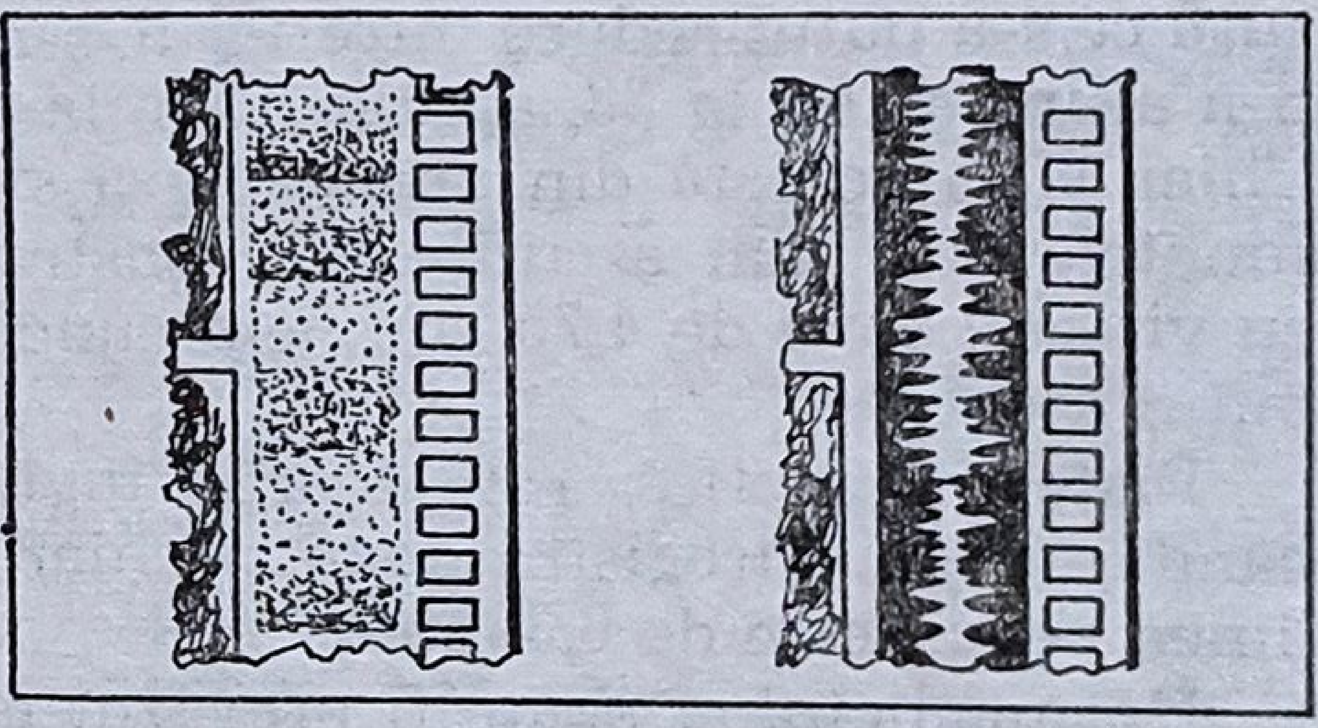
Deci, într-o doză care se bazează pe acest principiu, vibrațiile acului sînt transmise la un cristal piezoelectric prin intermediul unei substanțe elastice. Semnalul generat de cristal reproduce cu fidelitate vibrațiile.

FILMELE SONORE

Așa cum ți-am mai spus, sunetul poate fi înregistrat și redat printr-un procedeu optic. În practică acest procedeu se utilizează numai pentru filmele de cinematograf. Grație lui, a apărut în 1930 filmul sonor.

La marginea filmului, o pistă îngustă conține zone de umbră, a căror frecvență și intensitate corespund frecvenței și intensității sunetelor înregistrate. Există două metode de înregistrare optică. Una utilizează o lățime constantă a pistei ; variațiile sunetului se traduc în variații de opacitate. În cea de a doua, transparența este constantă și variază lățimea pistei.

Înregistrarea se face, fie proiectînd o rază de lumină printr-o diafragmă, a cărei suprafață variază sub acțiunea unei tensiuni electrice, fie alimentînd cu această tensiune o sursă de lumină a cărei intensitate va fi, în acest fel, modulată.



Piste sonore pe filmul de cinematograf. În stînga pistă cu opacitate variabilă. În dreapta — pistă cu lățime variabilă.

Reproducerea sunetelor înregistrate pe film este asigurată cu ajutorul unei celule fotoelectrice care primește lumina proiectată prin pistă. Variațiile luminii determină variații corespunzătoare de curent sau de tensiune în fotocelulă. După amplificare aceste variații sînt trimise la difuzor.

MAGNETOFOANELE

Am ajuns la cel de al treilea sistem de transmitere în timp a sunetului. Acesta este sistemul pe care îl folosesc eu în această clipă și cu ajutorul căruia mă auzi. Magnetofonul mi-a permis

să ascult toate discuțiile tale cu iubitul meu nepot și să-ți dau, la rîndul meu, destule explicații.

Există diverse tipuri de magnetofoane, dar toate se bazează pe același principiu. Înregistrarea se face pe un material magnetic. La început se folosea în acest scop un fir de oțel. Primul magnetofon cu fir de oțel a fost realizat în 1898 de cercetătorul danez Waldemar Poulsen și i-a adus autorului său marele premiu la Expoziția Universală de la Paris, în anul 1900. Astăzi se folosesc benzi din material plastic acoperite cu un strat foarte fin de praf de fier.

Înregistrarea și redarea se fac cu ajutorul unui electromagnet ai cărui poli sînt foarte apropiați unul de altul ; întrefierul măsoară doar cîțiva microni.

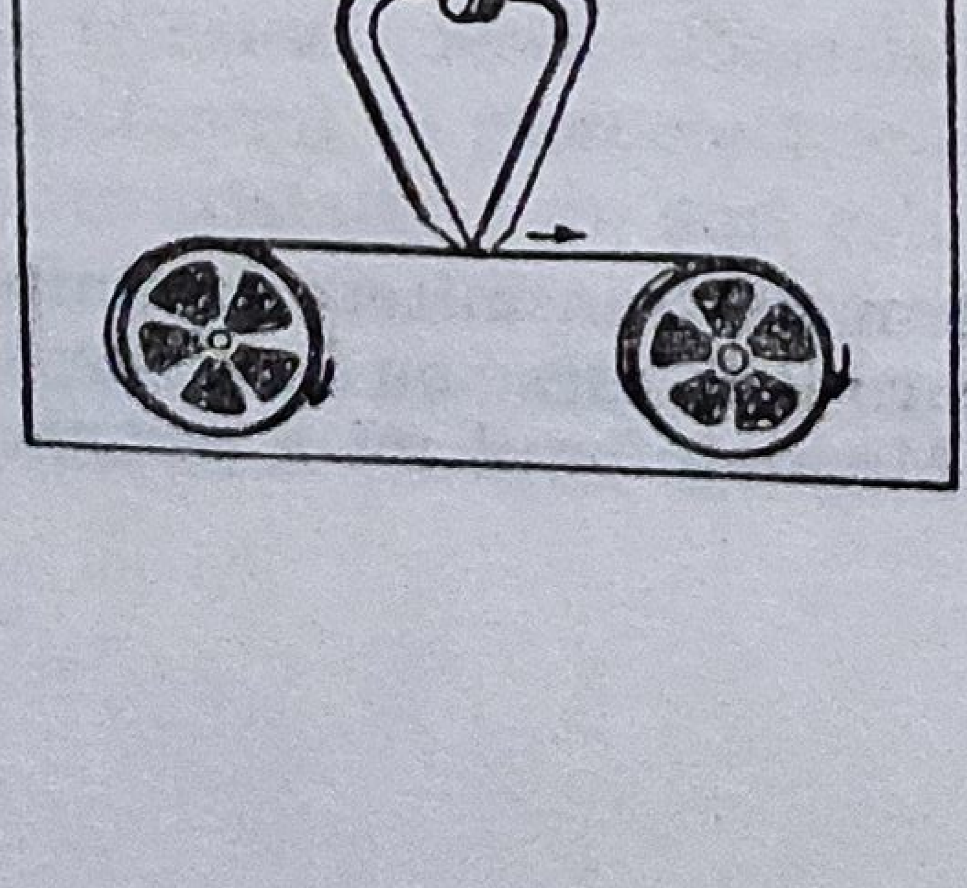
Banda magnetică care se deplasează este presată pe acești poli foarte apropiați. Curentul de microfon, amplificat și apoi trecut prin bobinajul electromagnetului, generează un cîmp magnetic variabil care produce magnetizări corespunzătoare în banda care trece prin fața întrefierului.

La redare, banda este trecută prin fața unui electromagnet similar. Cîmpul magnetic determină apariția unui curent variabil în bobinajul electromagnetului. După amplificare, acest curent este aplicat unui difuzor.

Viteza benzii era pînă nu demult 76 cm pe secundă. Pe măsură ce s-a putut reduce întrefierul, s-a înjumătățit viteza benzii. S-a ajuns astfel la 38, apoi la 19 și la 9,5 centimetri pe secundă. Chiar și la această din urmă viteză sînt redate perfect chiar și sunetele cele mai ascuțite. Se construiesc azi și magnetofoane cu viteza benzii de 4,75 cm. pe secundă în care acutele sînt însă puțin atenuate.

Pista magnetică este foarte îngustă, astfel că, pe aceeași bandă, se pot înregistra două și chiar patru piste paralele. Lățimea benzii este de 6,33 mm.

Un magnetofon poate fi prevăzut cu trei capete : unul pentru înregistrare, unul pentru redare și al treilea pentru ștergere. Ștergerea se face cu ajutorul unei tensiuni ultrasonore



Inregistrarea sunetului pe magnetofon

de 25 kHz. Aceeaşi tensiune este de altfel amestecată cu semnalul de înregistrat pentru a „premagnetiza“ granulele de fier. Prin acest procedeu se asigură o înregistrare mai bună.

În multe magnetofoane există numai un singur cap care se foloseşte, prin comutare, atît pentru înregistrare cît şi pentru citire sau pentru ştergere.

MAGNETOSCOAPELE ŞI VIDEODISCURILE

Să trecem acum de la sunet la imagine. Cum se poate transmite imaginea de-a lungul timpului ?

Şi aici putem recurge la procedee mecanice, optice şi magnetice.

Procedeele optice îţi sînt cunoscute : este vorba de fotografie şi de cinematograf. Aceste procedee nu se bazează pe electronică.

În schimb, electronica are un cuvînt hotărîtor în înregistrarea şi reproducerea magnetică a imaginilor. Aparatul folosit se numeşte *magnetoscop*. Numele lui este construit analog cu cel al magnetofonului, iar principiul său este similar cu cel al înregistrării magnetice a sunetului.

În cazul magnetoscopului, pe banda magnetică se înregistrează semnalul video. Trebuie să distingem două situaţii : cea a înregistrării directe şi cea a înregistrării emisiunilor după televizor.

În primul caz, se utilizează o cameră de televiziune urmată de amplificatoare pentru semnalul video. În cel de al doilea caz, semnalul video obţinut în televizor după detecţie se aplică la capul de înregistrare al magnetoscopului.

Bine înţeles, că banda de trecere este mult mai lată decît la înregistrarea sunetului. Cum se realizează variaţii de magnetizare de cîţiva megahertzi într-o bandă magnetică care se deplasează cu o viteză de cîteva zeci de centimetri pe secundă ?

Simultan cu mişcarea benzii se deplasează şi capetele de înregistrare într-un sens perpendicular pe direcţia de mişcare a benzii. Se folosesc în acest scop trei sau patru capete de înregistrare care, rotindu-se în jurul unui ax orizontal, străbat oblic lăţimea benzii. Viteza de rotaţie a capetelor este stabilită în aşa fel, încît fiecare traseu oblic să corespundă explorării unei linii pe imagine. Deci, pentru definiţia de 625 de linii, capul de înregistrare parcurge oblic banda magnetică în 64 de microsecunde.

Există şi magnetoscoape mai simple cu un singur cap de înregistrare.

Redarea imaginilor se face cu ajutorul aceluiaşi cap ca şi înregistrarea. După amplificare, semnalul de televiziune este aplicat pe cinescopul televizorului.

Televizorul este folosit atît la înregistrare cît şi la redarea emisiunilor cu ajutorul magnetoscopului. Magnetoscopul primeşte de la televizor semnalul pe care acesta îl recepţionează, îl amplifică şi îl detectează. La redare semnalele extrase din magnetoscop sînt trimise în televizor pentru a fi transformate în imagini.

Acest mod de utilizare a magnetoscopului crează posibilităţi nebănuite. Să presupunem că eşti plecat de acasă în timp ce se transmite o emisiune care te interesează mult. Ea poate fi înregistrată automat cu ajutorul unui ceas care porneşte şi opreşte televizorul şi magnetoscopul la ore pe care le-ai stabilit în prealabil. Emisiunea, înregistrată în lipsa ta, poate fi apoi redată pe ecranul televizorului, atunci cînd vei avea timp pentru a o urmări în linişte.

Se pot utiliza oare şi procedeele mecanice pentru înregistrarea semnalului de televiziune ? La prima vedere acest lucru pare imposibil. Şi totuşi miracolul a fost realizat. În anul 1970, cercetătorii firmei germane AEG-Telefunken au reuşit să construiască un disc video. Mai mult decît atît : un an mai tîrziu ei au prezentat un disc pe care erau înregistrate imagini în culori.

Aceste discuri se rotesc cu remarcabila viteză de 1500 de ture pe minut şi conţin 140 de şanţuri pe fiecare milimetru de rază (pe discurile pentru sunet, numărul de şanţuri este de 12 ori mai mic). Durata unui astfel de disc este de 5 minute *). În acest timp acul parcurge 15 kilometri de şanţ gravat în adîncime.

Ce realizări uimitoare ne mai aşteaptă ? Viitorul ne va oferi cu siguranţă din ce în ce mai multe surprize.

---

*) (N.T.) În anul 1972 firma AEC Telefunken a produs şi discuri video cu diametrul de 30 cm şi o durată de 12 minute. În acelaşi an firma olandeză Philips a anunţat începerea fabricaţiei unui disc video cu durată de 45 de minute. La înregistrarea şi redarea lui se folosesc dispozitive cu laser.

Convorbirea a 20-a (ultima)

Aplicațiile electronicii

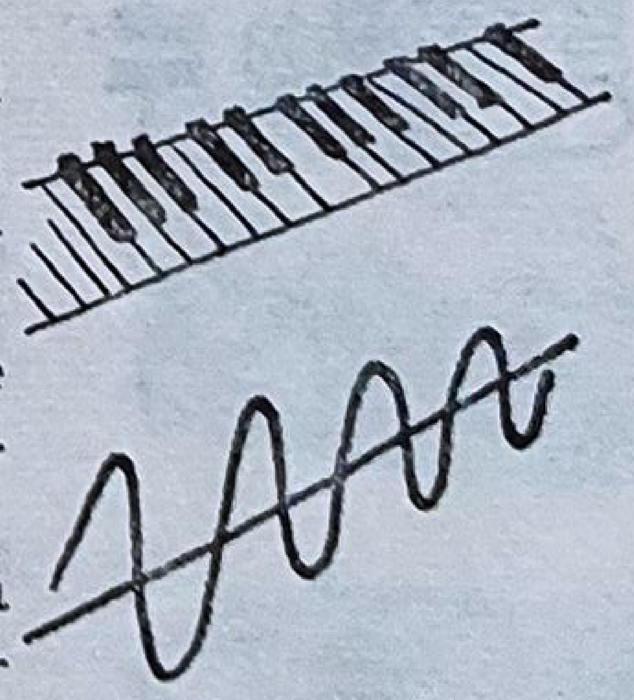
Electronica a devenit astăzi o tehnică universală. Ea își găsește aplicații utile în toate domeniile activității omenești. Fără a intra în detalii, Curiosus trece în revistă în această ultimă convorbire, diverse aplicații ale elecronicii, prin care se asigură siguranța navigației maritime și aeriene.

MĂSURAREA ELECTRONICĂ A TEMPERATURII

IGNOTUS : Mă tot gîndesc la tot ce mi-ați explicat, tu și unchiul tău, care știe atît de multe. Am aflat că sunetul și lumina pot fi transformate în semnale electrice și că transformarea inversă este de asemenea posibilă.

Spune-mi, nu s-au făcut încercări de a transforma în energie electrică și alte forme de energie ?

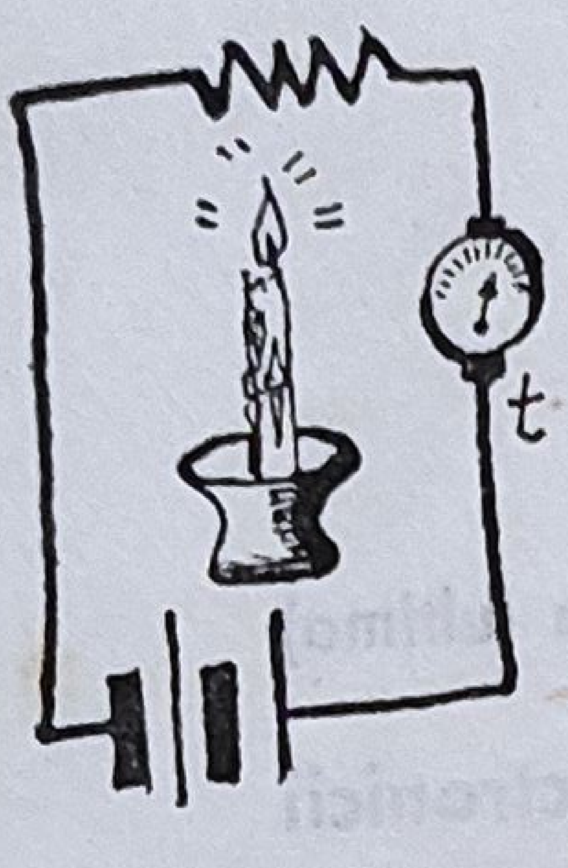
CURIOSUS : Evident că s-au făcut. Reușita a fost deplină în toate domeniile. Electronica și-a găsit în acest fel aplicații în cele mai variate domenii ale științei, tehnicii și altor activități ale omului.



IGNOTUS : Poți să-mi spui cum pot fi traduse în semnale electrice, forme de energie, cum ar fi căldura sau energia acțiunilor mecanice ?

CURIOSUS : În ceea ce privește căldura, ai uitat cumva influența pe care o exercită aceasta asupra semiconductoarelor ? Există o categorie de dispozitive semiconductoare numite *termistoare* a căror rezistență electrică scade atunci cînd crește temperatura. Ele permit deci să se măsoare temperaturile.

IGNOTUS : Cred că în acest scop se folosește un fel de ohmmetru. Aplicînd pe termistor o tensiune fixă, măsurăm cu ajutorul unui ampermetru curentul care îl străbate.



CURIOSUS : Așa este. Cadranul ampermetrului este însă gradat direct în temperaturi.

ELECTRONICA MEDICALĂ

IGNOTUS : Se poate măsura și temperatura corpului omenesc ?

CURIOSUS : Evident. Dar termometrul obișnuit e mult mai practic în acest caz.

În schimb, metodele electronice sînt utilizate cu succes în diverse domenii ale medicinei, atît pentru diagnostic, cît și în terapeutică.

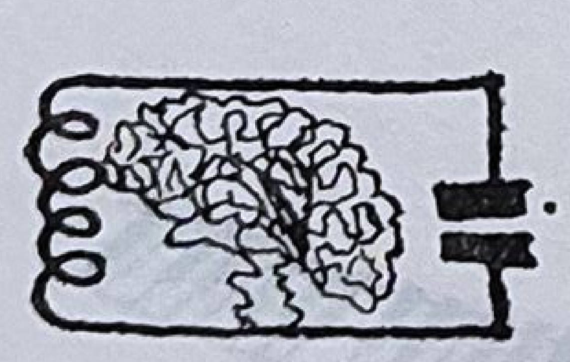


Anumite boli sînt tratate prin încălzirea interioară a corpului omenesc cu ajutorul unor cîmpuri de înaltă frecvență. De o parte și de alta a zonei asupra căreia se efectuează tratamentul, se plasează electrozi pe care se aplică tensiuni de frecvență înaltă. Porțiunea din corp aflată între electrozi se va încălzi, iar starea bolnavului se va ameliora.

IGNOTUS : Am o idee. În felul ăsta s-ar putea frige un mușchi de vacă.

CURIOSUS : Ideea ta nu e deloc practică. Dacă s-ar încălzi carnea în interior, toată zeama ar ieși afară și friptura ar fi complet uscată.

În mod obișnuit carnea se frige la o sursă exterioară de căldură care face ca, de la început, suprafața cărnii să devină impenetrabilă, astfel încît toată zeama să rămînă în interior.



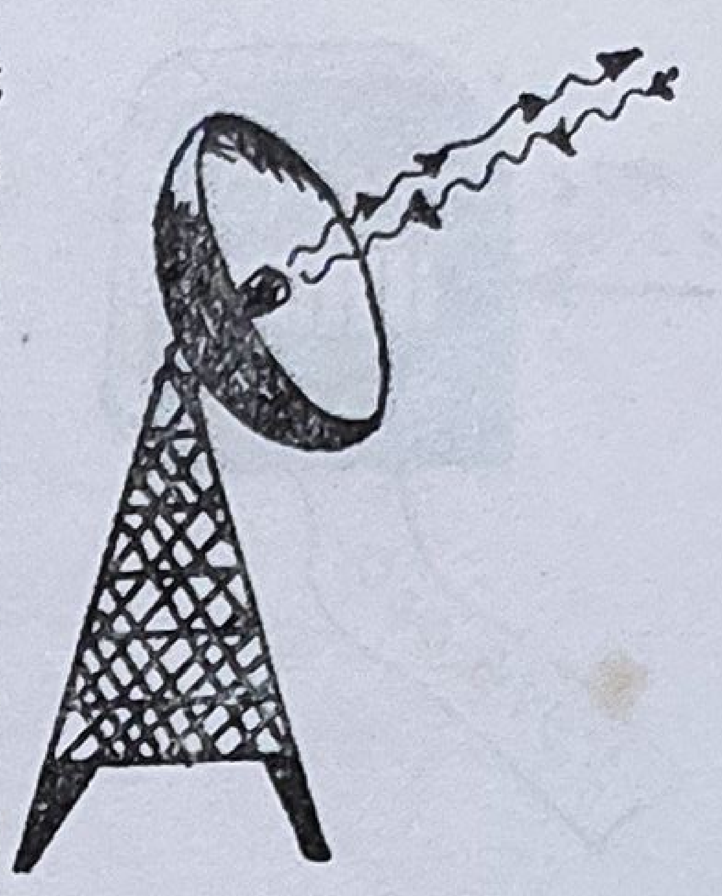
IGNOTUS : N-am nimerit. Dar să revenim la organismul omenesc. Parcă și el produce cîmpuri electrice ?

CURIOSUS : Într-adevăr, creierul și inima omului generează tensiuni electrice slabe care pot fi puse în evidență, după ce sînt amplificate cu ajutorul unor tuburi sau al unor tranzistoare. În acest fel se pune diagnosticul în diverse boli.

RADIOLOCATORUL

IGNOTUS : Dezvoltarea electronicii contribuie deci la însănătoșirea oamenilor. Acest fapt este chiar mai important decît distracția pe care o oferă radioul sau televiziunea.

CURIOSUS : Realizările electronicii nu se răsfrîng numai asupra sănătății. Electronica are o contribuție importantă la mărirea siguranței unor mijloace de deplasare utilizate de om.

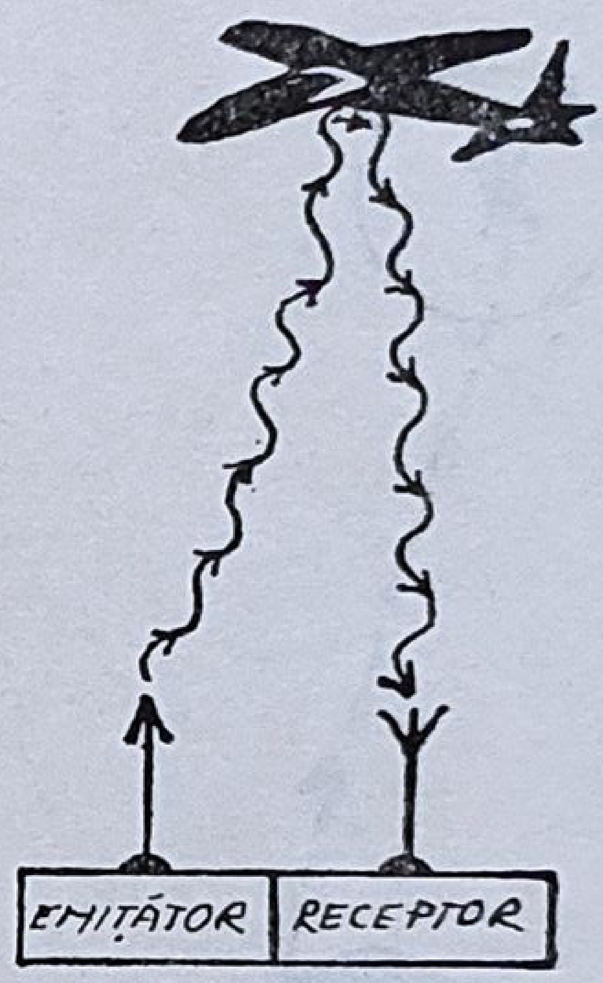


Datorită radiolocatorului, navele maritime și avioanele pot evita ciocnirile. Radiolocatorul permite să se determine poziția exactă a avioanelor. În acest fel turnurile de control ale aeroporturilor vor putea să stabilească traseele de zbor cele mai raționale.

IGNOTUS : Am auzit vorbindu-se de radiolocator, dar nu știu cum funcționează această instalație.

CURIOSUS : Un dispozitiv special emite un fascicul îngust de unde foarte scurte, metrice, decimetrice sau chiar centimetrice.

Fasciculul de unde este reflectat de obiectele a cărei poziție vrem s-o determinăm și este captat apoi în punctul din care a fost emis.



IGNOTUS : Probabil că fasciculul nu stă pe loc. Pentru ca să poată întîlni nava sau avionul căruia vrem să-i aflăm poziția, fasciculul trebuie să exploreze spațiul.

CURIOSUS : Într-adevăr, așa funcționează radiolocatorul. Undele emise sînt reflectate pe un paraboloid de metal care le concentrează. Devierea fasciculului se realizează prin mișcarea paraboloidului.

Atunci cînd radiolocatarul funcționează pe o navă, fasciculul este deviat în dreapta și în stînga vasului, explorînd suprafața mării. Dacă sînt reflectate de altă navă, undele permit, la întoarcere, să se determine poziția vasului respectiv pentru a evita ciocnirea.

IGNOTUS : Presupun că explorarea e mai complicată atunci cînd trebuie aflată poziția avioanelor.

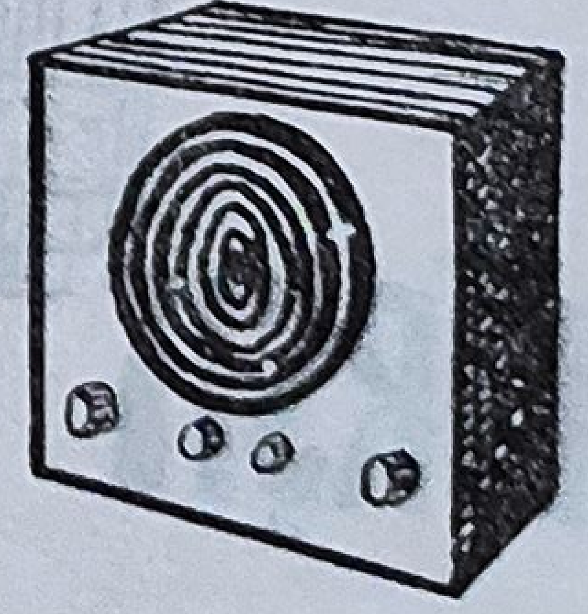


CURIOSUS : Ai dreptate. În acest caz fasciculul parcurge o spirală care acoperă toate punctele accesibile de pe cer. Prin măsurarea intervalului de timp dintre emisie și recepție, se stabilește distanța la care se află aparatul.

IGNOTUS : Formidabil ! Cred că în felul acesta poate fi urmărită și traiectoria navelor cosmice.

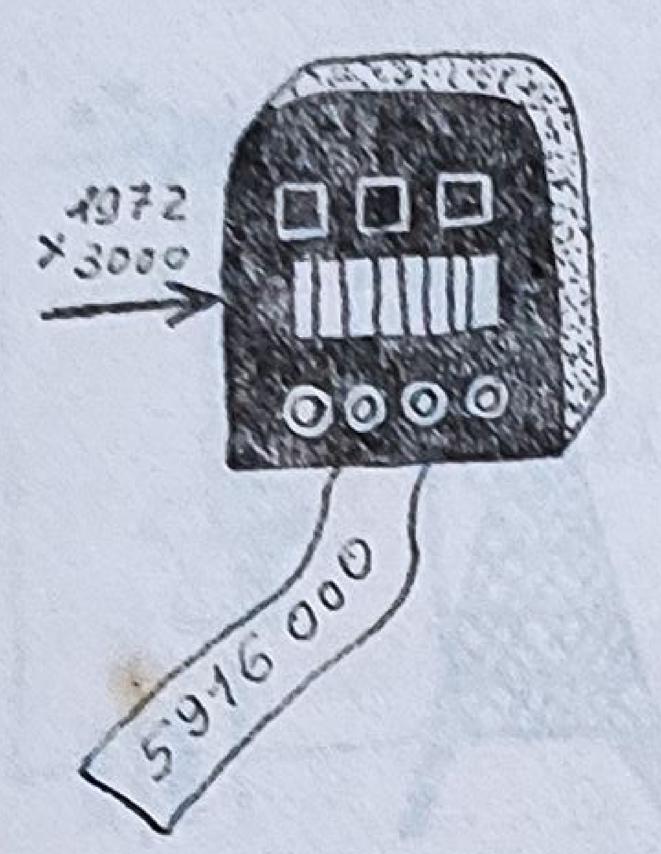
CURIOSUS : Bineînțeles. Iar indicațiile radiolocatorului pot fi înregistrate și pot comanda automat schimbarea direcției navelor și avioanelor.

INFORMATICĂ, AUTOMATICĂ, TELECOMANDĂ



IGNOTUS : Observ că datorită electronicii aparatele înlocuiesc munca omului.

CURIOSUS : Ai dreptate. În toate domeniile, electronica asigură o automatizare perfectă. Cu ajutorul ei, toate activitățile noastre devin mai ușoare, mai precise și mai rapide.

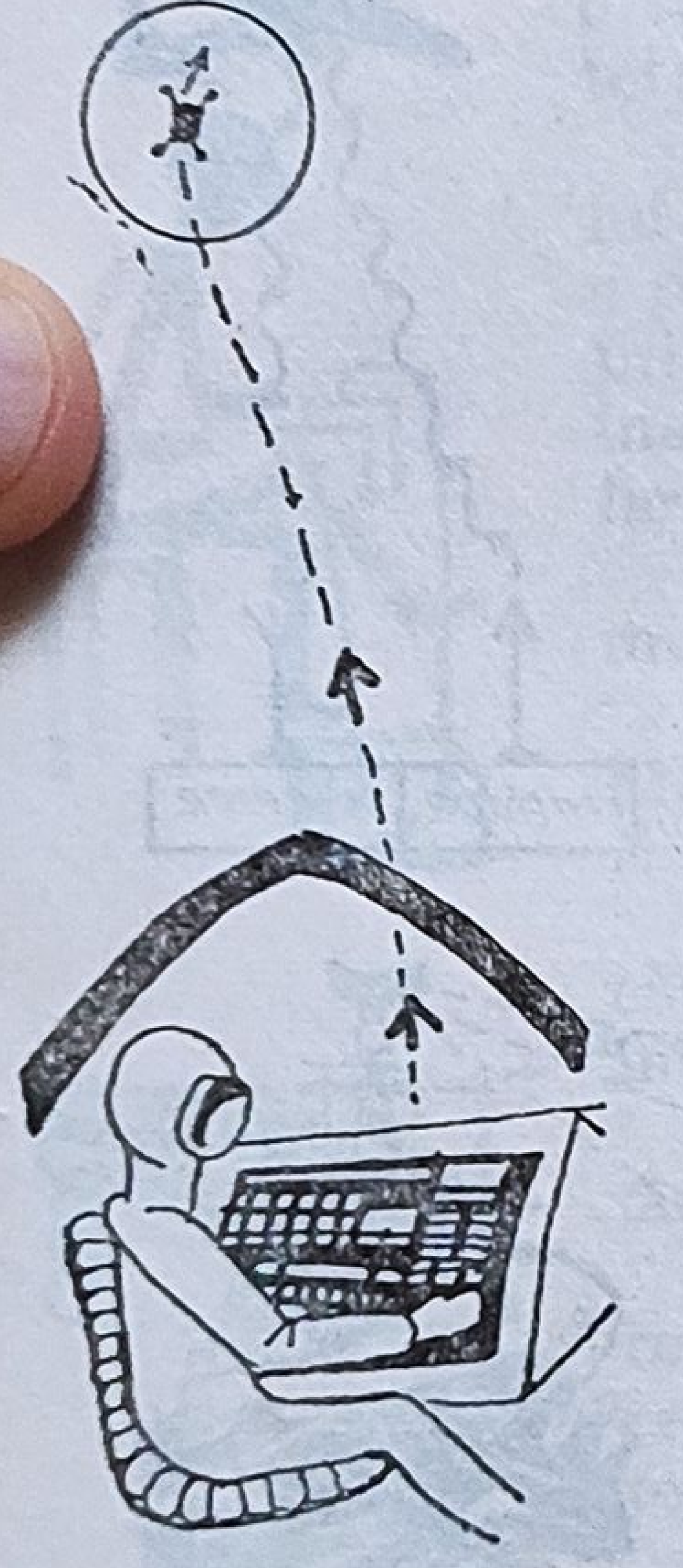


Industria beneficiază din plin de aceste avantaje, deoarece procesele de fabricație pot fi executate prin comandă electronică, care se substituie activității creierului și mușchilor omului.

IGNOTUS : Nu cumva exagerezi posibilitățile acestei tehnici, atunci cînd spui că ea se poate substitui creierului ? Faptul că motoarele înlocuiesc mușchii, nu mi se pare surprinzător și este cunoscut încă de pe vremea mașinii cu aburi, dar creierul...

CURIOSUS : Un domeniu al electronicii care poartă numele de *informatică* ajută creierul în multe activități, chiar dacă nu poate îndeplini toate funcțiile sale.

Electronica poate de asemenea să ajute memoria. Pe benzi magnetice sau pe alți suporți sensibili la cîmpurile electrice, magnetice sau luminoase se poate înregistra o cantitate uriașă de informații, care poate fi regăsită sau utilizată în operațiile logice efectuate de calculatoarele electronice. Primul calculator a fost realizat în 1944 și ocupa cîteva camere la Universitatea din Philadelphia ; astăzi există calculatoare care încap pe o masă de lucru.



IGNOTUS : Observ că electronica care permite să se transmită în spațiu și timp sunete și imagini folosind radioul, televizorul, magnetofonul sau magnetoscopul, oferă și posibilitatea de a conserva și de a folosi pentru raționamente similare cu cele care se desfășoară în creier, ceea ce în mod normal se păstrează în memoria omului.

Mai mult decît atît, electronica permite să se comande de la distanță, navele cosmice și vehiculele aflate pe suprafața lunii sau pe altă planetă. Eu consider această telecomandă prin unde electromagnetice care străbat spațiul, o realizare demnă de toată admirația.

CURIOSUS : Într-adevăr, Ignotus, dacă omul a reușit să cucerească spațiul, acest lucru se datorează, în mare măsură, electronicii. Ea contribuie la ușurarea cercetării științifice în toate domeniile.

Grație electronicii reușim să explorăm zone din univers aflate la milioane de ani lumină de noi și tot datorită ei, pătrundem prin intermediul microscopului electronic în inima materiei.



După cum vezi, această tehnică este cu adevărat universală. Convorbirile noastre și expunerile unchiului meu Radiol ți-au permis să cunoști bazele electronicii. Acum poți să studiezi singur, amănunțit, domeniile din electronică care te interesează mai mult.

Îți doresc succes.

SFÎRȘIT

Lei 14